

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE FLORESTAS**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Potencial Dendrocronológico de Árvores da  
Família Fabaceae na Floresta Tropical Amazônica  
do Peru**

**Leif Armando Portal Cahuana**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
E FLORESTAIS**

**POTENCIAL DENDROCRONOLÓGICO DE ÁRVORES DA FAMÍLIA  
FABACEAE NA FLORESTA TROPICAL AMAZÔNICA DO PERU**

**LEIF ARMANDO PORTAL CAHUANA**

*Sob a Orientação do Professor*  
**João Vicente de Figueiredo Latorraca**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

P842p Portal Cahuana, Leif Armando, 1983-04-11-  
Potencial dendrocronológico de árvores da família  
Fabaceae na Floresta Tropical Amazônica do Peru / Leif  
Armando Portal Cahuana. - 2017.  
133 f.: il.

Orientador: João Vicente de Figueiredo Latorraca.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em  
Ciências Ambientais e Florestais. Curso, 2017.

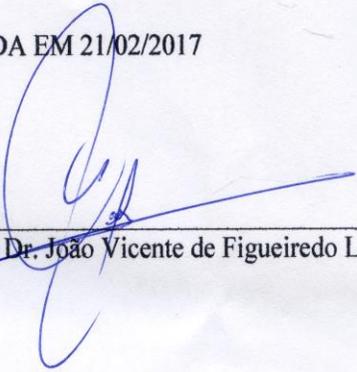
1. Espécies nativas. 2. Dendrocronologia. 3.  
Modelagem de crescimento. 4. Densitometria de raios  
X. I. Latorraca, João Vicente de Figueiredo, 1962-01  
21-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Programa de Pós-graduação em Ciências  
Ambientais e Florestais. Curso III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**LEIF ARMANDO PORTAL CAHUANA**

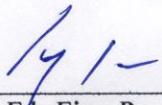
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 21/02/2017



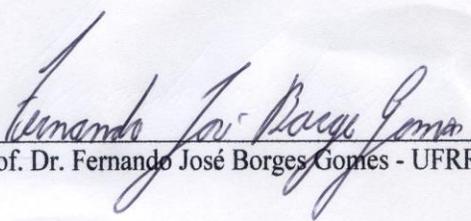
---

Prof. Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca - UFRRJ



---

Prof. Dr. Edy Eime Pereira Baraúna – UFMG



---

Prof. Dr. Fernando José Borges Gomes - UFRRJ

## DEDICATÓRIA

*A minha mãe Emperatriz, minha esposa Maria Esther, meus filhos Leonardo e Kaiki, minha irmã Lucy e meus sobrinhos Bertin e Rolando: a todos vocês pelo grande amor e força nos dias de solidão, longe de vocês.*

*A meu cunhado Lucho, que nos deixou na metade de meus estudos, tenho certeza que está feliz desde o céu.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus por me dar esta oportunidade e também por me proteger.

Ao Dr. Percy A. Zevallos Pollito, pelo apoio e amizade desde o início dos meus estudos.

Ao Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca, pela amizade, orientação, ensino e exigência nestes dois anos.

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Ambiental e Florestal Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, especialmente coordenador Dr. Rafael Coll Delgado, por todo o apoio, confiança e amizade.

Agradecimento especial ao consolidado Maderacre pelo apoio com as amostras do estudo, especialmente o gerente florestal Nelson Kroll, pela confiança, amizade, quem me apoio na graduação e agora na pós-graduação, buscando sempre o manejo florestal sustentável de Madre de Dios.

Aos Drs. Mário Filho Tomazello e Fidel A. Roig, pelo ensino na disciplina de dendrocronologia na USP e conhecido aos pesquisadores do mais alto nível.

Ao Núcleo de Pesquisa e Qualidade da Madeira - NPQM, meus amigos Leonardo, José, Letícia, Tiago, Juliana, Dayane, Anne, Thayanne, Sabrina, por seu apoio e amizade.

Agradeço a minha Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, pelo apoio na licença de estudo.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

## RESUMO

Portal Cahuana, Leif Armando. **Potencial Dendrocronológico De Árvores Da Família Fabaceae Na Floresta Tropical Amazônica Do Peru**. 2017. 145p Dissertacao (Mestrado em Ciências Ambientais E Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

O objetivo do trabalho foi Este trabalho foi determinar o potencial dendrocronológico de cinco espécies florestais da família Fabaceae oriunda da Amazônia Peru. Foram utilizadas cinco espécies arbóreas nativas (*Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis* e *Dipteryx odorata*), de ocorrência natural na região de Madre de Dios no Peru. Foram determinadas as características anatômicas do lenho, caracterização dos anéis de crescimento, dendrocronologia, modelagem de crescimento e a microdensitometria de raios X. No estudo da anatomia e caracterização dos anéis de crescimento, as espécies *H. oblongifolia* e *A. cearensis*, apresentaram anéis de crescimento ao olho nu, demarcados pelas zonas fibrosas e o parênquima marginal. No estudo de dendrocronologia foram construídas as séries cronológicas mestre das espécies *H. oblongifolia* de 1778-2013 anos e *A. cearensis* de 1866-2013 anos, e a relação com o clima da região (precipitação e temperatura), verificou-se que a variável climática na área de estudo determinante para o maior crescimento em diâmetro dos troncos das árvores foi a precipitação por último as espécies apresentaram respostas comuns ao fenômeno do El Niño. No estudo de modelagem de crescimento a espécie *A. cearensis*, determinou-se a idade mínima em função a Lei do Peru de 96 anos e uma idade técnica de 58 anos e para *H. oblongifolia*, determinou-se a idade mínima em função a Lei do Peru de 123 anos e uma idade técnica de 57 anos. Por último no estudo da variabilidade radial física e anatômica do lenho de árvores de *Amburana cearensis*, a microdensitometria de raios X proporcionou uma mensuração acurada das variações da densidade aparente do lenho de *A. cearensis*, indicativas da sua estrutura anatômica e demarcando os limites dos anéis pelas zonas fibrosas.

**Palavras - chave:** Espécies nativas, dendrocronologia, modelagem de crescimento, densitometria de raios X.

## ABSTRACT

Portal Cahuana, Leif Armando. Dendrochronological Potential of Family Fabaceae Trees In Peruvian Amazon Rainforest. 2017. 145p Dissertation (Master in Environmental and Forest Sciences). Forest Institute, Department of Forest Products, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The objective of this work was to determine the dendrochronological potential of five forest species of the Fabaceae family from Amazonia Peru. Five native tree species (*Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis* and *Dipteryx odorata*), which occur naturally in the Madre de Dios region of Peru, were used. The anatomical characteristics of the wood, growth ring characterization, dendrochronology, growth modeling and X-ray microdensitometry were determined. In the study of the anatomy and characterization of growth rings, the species *H. oblongifolia* and *A. cearensis* presented rings of Growth to the naked eye, demarcated by the fibrous zones and the marginal parenchyma. In the study of dendrochronology the master chronological series of the *H. oblongifolia* species of 1778-2013 years and *A. cearensis* of 1866-2013 years were constructed, and the relation with the climate of the region (precipitation and temperature), it was verified that the variable Climatic conditions in the area of study determining for the greatest growth in diameter of the trunks of the trees was the last rainfall the species presented answers common to the El Niño phenomenon. In the growth modeling study, the species *A. cearensis* was determined the minimum age according to the Law of Peru of 96 years and a technical age of 58 years and for *H. oblongifolia*, it was determined the minimum age according to Law Of Peru of 123 years and a technical age of 57 years. Finally, in the study of the radial physical and anatomical variability of the tree wood of *Amburana cearensis*, X-ray microdensitometry provided an accurate measurement of the variations in the apparent density of *A. cearensis* wood, indicative of its anatomical structure and demarcating the limits of the rings Fibrous areas.

**Keywords:** Native species, dendrochronology, growth modeling, densitometry ray - X.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Cronologia dos estudos em Dendrocronologia no Peru.....	20
<b>Figura 02:</b> Mapa de divisão administrativa do Consolidado MADERACRE.....	25
<b>Figura 03:</b> Diagrama ombrotérmico com médias para a área de estudo.....	26
<b>Figura 04:</b> Esquema de obtenção de amostras de madeira.....	28
<b>Figura 05:</b> Fase de campo.....	29
<b>Figura 06:</b> Anatomia da madeira.....	48
<b>Figura 07:</b> Fotografias macroscópicas transversais das espécies da família Fabaceae.....	54
<b>Figura 08:</b> Limites de anéis de crescimento em <i>Hymenaea oblongifolia</i> .....	56
<b>Figura 09:</b> Limites de anéis de crescimento em <i>Amburana cearensis</i> .....	58
<b>Figura 10:</b> Limites de anéis de crescimento em <i>Apuleia leiocarpa</i> .....	60
<b>Figura 11:</b> Limites de anéis de crescimento em <i>Myroxylon balsamum</i> .....	62
<b>Figura 12:</b> Limites de anéis de crescimento em <i>Dipteryx odorata</i> .....	64
<b>Figura 13:</b> Tecido macerado de <i>Amburana cearensis</i> .....	66
<b>Figura 14:</b> Cortes Histológicos de <i>Amburana cearensis</i> .....	67
<b>Figura 15:</b> Tecido macerado de <i>Hymenaea oblongifolia</i> .....	69
<b>Figura 16:</b> Cortes Histológicos de <i>Hymenaea oblongifolia</i> .....	70
<b>Figura 17:</b> Limites dos anéis de crescimento das cinco espécies de árvores de uma floresta tropical úmida em Peru.....	82
<b>Figura 18:</b> Série cronológica máster dos índices da largura dos anéis de crescimento.....	84
<b>Figura 19:</b> Incremento radial acumulado de cinco espécies arbóreas em uma floresta úmida tropical no sudeste do Peru.....	86
<b>Figura 20:</b> Sensibilidade climatológica das cronologias de <i>Amburana cearensis</i> e <i>Hymenaea oblongifolia</i> .....	87
<b>Figura 21:</b> Relação entre a largura dos anéis de <i>Amburana cearensis</i> e <i>Hymenaea oblongifolia</i> e os eventos de El Niño.....	88
<b>Figura 22:</b> Curva de crescimento e o modelo obtido em base a Schumacher.....	105
<b>Figura 23:</b> Idade mínima de corte.....	107
<b>Figura 24:</b> Determinação da idade técnica de corte.....	109
<b>Figura 25:</b> Identificação dos diâmetros das árvores a partir do qual a árvores atingirá o DMC de 56 e 51 cm, estabelecida pela Lei do Peru.....	110

<b>Figura 26:</b> Identificação dos diâmetros das árvores a partir do qual a árvores atingirá o DMC de 75 cm, estabelecida pelo Consolidado MADERACRE.....	110
<b>Figura 27:</b> Ciclo de corte de 20 anos em função a Legislação Florestal e de Fauna Silvestre do Peru (56 e 51 cm) e o diâmetro mínimo de corte estabelecido pelo Consolidado MADERACRE (75 cm) e pala Legislação (56 e 51 cm).....	111
<b>Figura 28:</b> Perfil de densidade aparente no lenho das árvores de <i>A. cearensis</i> . Tendência de crescimento e diferenciação do cerne e alburno no perfil.....	121
<b>Figura 29:</b> Comparação anatômica das fibras do lenho de árvores de <i>A. cearensis</i> , nas três posições radiais.....	123
<b>Figura 30:</b> Comparação dos vasos do lenho de árvores de <i>A. cearensis</i> , nas três posições radiais....	125
<b>Figura 31:</b> Densidade aparente média nas três posições radiais do lenho de árvores de <i>A. cearensis</i> .....	128
<b>Figura 32:</b> Demarcação do limite da camada de crescimento em árvores de <i>A. cearensis</i> , identificação dos anéis de crescimento no perfil densitométrico.....	129
<b>Figura 33:</b> Estrutura anatômica macroscópica da secao transversal do lenho nas tres posições radias (medula, intermediário e casca) do lenho das árvores de <i>A. cearensis</i> .....	130

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> As diferentes descrições dos anéis de crescimento de cinco espécies da família Fabaceae, por diferentes autores.....	7
<b>Tabela 02:</b> Espécies selecionadas para o estudo.....	27
<b>Tabela 03:</b> Ficha Biométrica de <i>Amburana cearensis</i> .....	66
<b>Tabela 04:</b> Ficha Biométrica de <i>Hymenaea oblongifolia</i> .....	69
<b>Tabela 05:</b> Informação da cronologia da largura dos anéis de crescimento das cinco espécies selecionadas.....	83
<b>Tabela 06:</b> Estimativas dos parâmetros, Desvio Padrões, Erro Padrão Residual e Coeficiente de Variação, dos modelos testados.....	104
<b>Tabela 07:</b> Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas das fibras nas três posições radiais do lenho de <i>A.cearensis</i> .....	122
<b>Tabela 08:</b> Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas dos vasos nas três posições radiais do lenho de <i>A.cearensis</i> .....	124
<b>Tabela 09:</b> Densidade aparente média, máxima e mínima do lenho de árvores de <i>A. cearensis</i> .....	126
<b>Tabela 10:</b> Densidade aparente média do lenho em três posições radiais do lenho de árvores de <i>A. cearensis</i> .....	127

## SUMÁRIO

Páginas

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES.....</b>	<b>3</b>
3.1.1 <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	3
3.1.2 <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Smith. ....	4
3.1.3 <i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms.....	5
3.1.4 <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbride. ....	5
3.1.5 <i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber. ....	6
<b>3.2 DESCRIÇÃO DAS MADEIRAS .....</b>	<b>6</b>
3.2.1 <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	6
3.2.2 <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Smith. ....	6
3.2.3 <i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms.....	7
3.2.4 <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbride. ....	7
3.2.5 <i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber. ....	7
<b>3.3 APLICAÇÕES DAS MADEIRAS .....</b>	<b>9</b>
3.3.1 <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	9
3.3.2 <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Smith. ....	9
3.3.3 <i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms.....	9
3.3.4 <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbride. ....	9
3.3.5 <i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber. ....	10
<b>3.4 FENOLOGIA DAS ESPÉCIES .....</b>	<b>10</b>
3.4.1 <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	10
3.4.2 <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Smith. ....	11

3.4.3	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms.....	11
3.4.4	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbride.....	11
3.4.5	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber.....	11
3.5	DENDROCRONOLOGIA .....	12
3.5.1	Princípios de Dendrocronologia.....	12
3.5.2	Dendrocronologia no Peru.....	15
3.6	DENSITOMETRIA POR RAIOS X.....	21
3.6.1	Estudios de Densitometria de raios X no Perú.....	23
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1	Área de coleta .....	25
4.2	Seleção das árvores.....	26
4.2.1	Coleta do material .....	27
4.2.2	Acondicionamento e transporte das madeiras.....	27
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30
CAPÍTULO I. Caracterização anatômica do lenho de espécies da família Fabaceae visando estudos de dendrocronologia .....		40
RESUMO .....		41
ABSTRACT .....		42
1	INTRODUÇÃO .....	43
2	OBJETIVOS.....	45
2.1	Objetivos geral .....	45
2.2	Objetivos Específicos.....	45
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1	Coleta do material .....	45
3.2	Caracterização da estrutura anatômica do lenho e dos anéis de crescimento .....	45
3.2.1	Caracterização da estrutura macroscópica do lenho .....	45
3.2.2	Caracterização dos anéis de crescimento do lenho.....	46
3.2.3	Caracterização da estrutura microscópica do lenho.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4.1	Descrições Anatômicas Macroscópicas do lenho das 5 espécies da família Fabaceae.....	49
4.2	Caracterização dos anéis de crescimento das 5 espécies da família Fabaceae.....	55

4.3	Descrição Microscópica do lenho.....	65
5	CONCLUSÕES .....	71
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
<b>CAPÍTULO II. Estudos dendrocronológico de árvores da família Fabaceae ocorrentes na Floresta Tropical Amazônica do Peru.....</b>		
	<b>RESUMO .....</b>	<b>75</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>76</b>
1	INTRODUÇÃO .....	77
2	OBJETIVOS .....	78
2.1	Objetivo Geral .....	78
2.2	Objetivos Específicos.....	78
3	MATERIAL E MÉTODO .....	79
3.1	Áreas de Estudo.....	79
3.2	As espécies do estudo, coleta de amostras e preparação.....	79
3.3	Análises de anéis de crescimento das árvores .....	79
3.3.1	Seleções das árvores de acordo com os anéis de crescimento .....	80
3.3.2	Medições dos anéis de crescimento de árvores e potencial crossdating.....	80
4	RESULTADOS.....	81
4.1 A	Estrutura dos anéis de crescimento das arvores e distinção dos limites dos anéis 81	
4.2	Potenciais de <i>Crossdating</i> .....	83
4.3	Incrementos radiais dos troncos .....	85
4.4	Relações clima-crescimento .....	85
4.5	Cronologias e El Niño .....	88
5	DISCUSSÃO .....	89
6	CONCLUSÕES .....	90
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91
<b>CAPÍTULO III. Modelagem do crescimento de duas espécies da família Fabaceae no sudeste do Peru. ....</b>		
	<b>RESUMO .....</b>	<b>94</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>95</b>
1	INTRODUÇÃO .....	96
2	Objetivos .....	97

2.1	Objetivo Geral .....	97
2.2	Objetivos Específicos.....	97
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	97
3.1	Coleta do material .....	97
3.2	Crescimento radial do tronco.....	98
3.3	Modelo de crescimento, idade técnica de corte e idade mínima de corte.....	99
3.5	Determinação do ciclo de corte. ....	103
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	104
4.1	MODELO DE CRESCIMENTO .....	104
4.2	CICLO DE CORTE .....	105
4.2.1	DETERMINAÇÃO DA IDADE MÍNIMA DE CORTE (IMC), considerando dois diâmetros mínimos de corte: 56 cm (lei) e 75 cm (consolidado MADERACRE) para <i>Amburana cearensis</i> e 51 cm (Lei) e 75 cm (Consolidado MADERACRE) para <i>Hymenaea oblongifolia</i> .....	105
4.2.2	ESTIMAÇÃO DA IDADE TÉCNICA DE CORTE (ITC).....	107
4.2.3	IDENTIFICAÇÃO DAS ÁRVORES DE FUTURA COLHEITA POR CICLO DE CORTE.....	109
5	CONCLUSÕES .....	112
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	113
CAPÍTULO IV. Variabilidade radial física e anatômica do lenho de árvores de <i>Amburana cearensis</i> .....		115
RESUMO .....		116
ABSTRACT .....		117
1	INTRODUÇÃO .....	118
2	Objetivos .....	119
2.1	Objetivo Geral .....	119
2.2	Objetivos Específicos.....	119
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	119
3.1	Coleta do material .....	119
3.2	Preparos das amostras do lenho.....	119
3.3	Obtenções do Perfil Radial .....	119
3.4	Montagens do perfil radial de densidade aparente do lenho.....	120
3.5	Parâmetros de densidade aparente do lenho .....	120

3.6	Avaliação da estrutura anatômica do lenho.....	120
3.7	Análises estatísticas .....	120
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	121
4.1	Demarcação e avaliação da largura dos anéis de crescimento .....	128
5	CONCLUSÕES .....	131
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	132

# 1 INTRODUÇÃO

O Peru é um dos doze países considerados “megadiversos” do mundo, tem as 25,000 espécies de plantas, 10 por cento do total mundial, e ocupa o segundo lugar na diversidade de pássaros e peixes. A Amazônia tropical do Peru ocupa o 60.9% do território nacional. A região Amazônica de Madre de Dios é reconhecida mundialmente como uma das áreas biologicamente mais ricas e únicas da Terra (Brooks et al., 2006), também a lei peruana reconhece como "Capital da Biodiversidade do Peru" (Lei nº 26.311). Esta região é parte de um dos maiores fragmentos ininterruptos de florestas tropicais remanescentes na Amazônia.

O Setor Florestal do Peru desde o ano 2000 até a presente data vem exportando madeiras de *Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis*, *Dipteryx odorata* e *Tabebuia serratifolia*, *Manilkara bidentata* etc principalmente para a confecção de pisos. Os registros históricos 2000-2016 de valores anuais de exportação mostram uma tendência positiva de exportação, sendo principais mercados de destino de produtos semitransformados de madeiras nativas a China, Estados Unidos e México (ADEX, 2014). Muitas das espécies de madeiras nativas de exportação, da Amazônia do Peru são ecologicamente importantes porque são do dossel superior com ampla distribuição nas Florestas neotropicais.

O corte seletivo de algumas espécies de madeiras de alta densidade, exigidas pelo mercado internacional faz com que suas populações naturais sejam afetadas fortemente. Um exemplo é a extraída de forma intensiva é da madeira de *Handroanthus spp.*, que se encontra em vias de extinção no Brasil, mas também no Peru e em outros países amazônicos (Schulze et al, 2008).

Além disso, o Instituto Nacional de Recursos Naturais – INRENA, através da Resolução Jefatural N° 458-2002-INRENA, define a nível nacionais os diâmetros mínimos de corte (DMC) para as espécies florestais do Peru; mais que não foram estabelecidos baseado em pesquisa ou tecnicamente para garantir o uso sustentável das espécies, mas que tenham se foram determinadas sem conhecer o crescimento anual em diâmetro de espécies tropicais nativas do Peru.

A Lei Florestal Peruana exige que as concessões florestais tenham a obrigação de instalar parcelas permanentes de amostragem (PPA) para fornecer os dados necessários e para permitir o monitoramento, a fim de avaliar e melhorar as práticas de manejo florestal, no entanto a medição das PPA é um método relativamente demorado se você quiser determinar as taxas de crescimento além de serem muito caras, os indivíduos muitas vezes têm poucas espécies comerciais e os períodos de supervisão cobrem apenas um fragmento da vida da maioria das árvores tropicais e a área de monitoramento é de poucas hectares. Neste contexto a dendrocronologia é uma ferramenta importante, rápida e prática para determinar, entre

outras coisas, a idade das árvores, o crescimento médio anual, a relação com o clima da região, a relação com fenômenos anômalos do clima e a determinação do diâmetro mínimo de corte (DMC) entre outras coisas; cobrindo áreas grandes de coleta e trabalhando com número significativos de árvores comerciais, além disso pode-se trabalhar de maneira destrutiva (discos) e não destrutiva (mostras com trado).

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo determinar o potencial dendrocronológico de cinco espécies florestais da família Fabaceae ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios – Peru.

A dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos. O primeiro corresponde à caracterização anatômica do lenho de espécies da família Fabaceae visando estudos de dendrocronologia. O segundo capítulo trata do estudo dendrocronológico de árvores da família Fabaceae ocorrentes na Floresta Tropical Amazônica do Peru. O terceiro capítulo aborda a modelagem do crescimento de duas espécies da família Fabaceae no sudeste do Peru. E por fim o capítulo quarto trata da variabilidade radial física e anatômica do lenho de árvores de *Amburana cearensis*.

## 2 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho foi determinar o potencial dendrocronológico de cinco espécies florestais da família Fabaceae ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios – Peru.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

#### 3.1.1 *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

Sinonímia botânica: *Coumarouna odorata* Aubl.

Nomes vulgares: No Peru: Shihuahuaco, charapilla; Brasil: Cumaru ferro; Bolívia: Almendro, almendrillo; Colômbia: Sarrapia.

A família Fabaceae (Leguminosae) é a terceira maior família de angiospermas, apresentando cerca de 18.000 espécies, distribuídas em aproximadamente 727 gêneros em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae (LEWIS *et al.*, 2005). Sua distribuição é cosmopolita e está bem representada nas regiões tropicais, subtropicais e temperada (FLORES e RODRIGUES, 2010). São plantas de hábito muito variado, desde grandes árvores das matas tropicais, a arbustos, subarbustos, ervas anual ou perene e também muitas trepadeiras; vivem nos mais variados ambientes, em diferentes latitudes e altitudes (JOLY, 2002). Sua importância econômica é muito diversificada, sendo utilizada desde a alimentação humana e animal até na produção de corantes, óleos, perfumes, inseticidas, e ainda apresenta uso medicinal, agrônômico (enriquecimento de solos), ornamental e, principalmente, para produção de madeiras nobres e valiosas usadas na marcenaria, entalhadura e construções em geral (FERREIRA *et al.*, 2004). Lima *et al.* (1994) relataram que 19 leguminosas vêm sendo apontadas como uma das principais fontes para a produção de proteína vegetal, particularmente para os países subdesenvolvidos.

A Subfamília Papilionoideae é a maior subfamília de Leguminosae e apresenta distribuição cosmopolita (LEWIS *et al.*, 2005). Representada por ervas, subarbustos, arbustos, árvores, trepadeiras e lianas. Apresentam folhas pinadas, uni, tri ou plurifolioladas; inflorescências, em geral, racemosas ou paniculadas; FLORES com corola papilionácea, simetria zigomorfa e prefloração imbricada vexilar; androceu com no máximo 10 estames; gineceu uni ou pluricarpelar (POLHILL, 1981; BARROSO *et al.*, 1991; LEWIS *et al.*, 2005). Reúne 28 tribos, cerca de 483 gêneros e 13.800 espécies (WOJCIECHOWSKI, 2003; LEWIS *et al.*, 2005). As tribos das regiões tropicais contam com maior número de espécies lenhosas (BARROSO *et al.*, 1991; LEWIS *et al.*, 2005). Pertencem ainda a esta subfamília, plantas utilizadas como forrageiras, plantas destinadas à recuperação de solos empobrecidos, plantas produtoras de substâncias utilizadas na indústria e dentre os gêneros com madeiras importantes destaca-se o Cumaru da Amazônia (*Dipteryx sp*) (JOLY, 2002).

Existem cerca de 10 espécies do gênero *Dipteryx* (Aubl.) Willd; que ocorrem na América central e Brasil, incluindo as espécies da Amazônia e do cerrado. A forma da folha, com folíolos alternos, ráquis plana com uma extensão no fim da folha, é bem distinta. *Dipteryx* vem do grego e faz referência às duas alas na ráquis da folha, enquanto que o nome específico, *odorata*, vem do odor da semente (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2004).

A espécie *D. odorata* (Aubl.) Willd, originalmente foi descrita como *Coumarouna odorata* Aubl, pertence ao grupo das Dipterixae, dentro da subfamília Papilionoideae, família Fabaceae (Leguminosae). Os nomes comuns usados são cumaru-do-cerrado, cumaru-ferro, cumaru-rosa (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2004); além de cumarurana, cumaru, cumaru-verdadeiro, cumaru-amarelo, cumaru-de-folha-grande, muimapagé, champagne, cumaru-do-amazonas, cumaruzeiro, cumbaru, cumaru-de-cheiro (LORENZI, 1998).

O Cumaru é uma árvore que mede de 20 a 30 m de altura, dotada de copa globosa, tronco ereto e cilíndrico, de 50 a 70 cm de diâmetro com casca pouco espessa, áspera, marrom, consistência rígida, crosta grossa, escalas derramamento irregulares, rugosa e descamante em placas irregulares. As folhas são alternas, alado-pecioladas, compostas e imparipinadas. Folíolos são alternos, em número de 7 a 9, curto-peciolulados, coriáceos, glabros em ambas as faces e brilhantes na face superior, de 10 a 20 cm de comprimento e 4 a 8 cm de largura. As inflorescências apresentam panículas terminais ferrugíneo-pubescentes, com flores perfumadas. O fruto legume (vagem) é do tipo drupáceo ovulado, fibroso e esponjoso, de superfície pubescente, contendo uma única semente (LORENZI, 1998; GUTIERREZ, 2001).

No Peru principalmente nos departamentos de Loreto, San Martín e Ucayali. De acordo com os resultados de inventários Florestais e disponíveis de acordo com as regiões, o volume total do *D. odorata* varia entre 0,5 m<sup>3</sup> / ha para 3m<sup>3</sup> / ha. A espécie ocorre em Florestas primárias em áreas com boa drenagem na formação ecológica. Apresenta haste cilíndrica, em linha reta com altura total de 35 m., O tronco 60-150 cm de diâmetro. Cor da casca marrom escuro ou avermelhada, grossa e fissurada, mas compacta. Sua casca interna é avermelhado amarelo ao amarelo. (CITEmadera, 2008).

### **3.1.2 *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith.**

Sinonímia botânica: *Torresea cearensis* Allemão

Nomes vulgares: No Peru: Ishpingo, Brasil: Cerejeira, Paraguai: Palo trébol, Argentina: Roble criollo, Bolivia: Tumi, sorico.

Copa média, profunda folhagem verde, folhas compostas imparipinnate, alturas tronco cilíndricas até 30 m, casca tem um oleoso, volátil resina aromática utilizada medicinalmente. (Gutierrez, V. 2001).

A árvore atinge até 40 metros de altura e DAP 0.65 m., redondo e ampla coroa. Raiz tabular de 0,80 metros de altura tronco; Casca de 20 mm, espessura marrom escuro, no individuo adulto e, quando jovem, amarelada. (CITEmadera, 2008).

### **3.1.3 *Myroxylon balsamum* (L.) Harms.**

Sinonímia botânica: *Toluifera balsamum* L.

Nomes vulgares: No Peru: Estoraque, Brasil: Cabreúva-vermelha, pau de bálsamo, Ecuador: Chaquino, bálsamo, Paraguai: Incienso colorado, Argentina: Palo trébol, incenso.

O bálsamo é uma espécie de ampla distribuição nas Américas, desde o sul do México até a Argentina. A árvore tem um tronco reto, a casca é geralmente cinza com manchas amarelas e áreas ásperas e textura arenosa. (Gutierrez, V. 2001). Corte a árvore exsuda uma resina com uma espécie de cheiro e cilíndricas perfumadas, atingindo alturas de até 45 m e diâmetros até a altura do peito de 100 cm, raízes redondas conspícuos e generalizadas, geralmente com grandes lenticelas espalhadas ou em linhas, às vezes tronco tem extremidades semicirculares. (E Toledo, 1996). Esta e outras espécies semelhantes (*Myroxylon peruiferum*) são usados em sistemas agro-Florestais, e são muito valorizadas, tanto pela qualidade de sua madeira como bálsamo extraído da casca, que são atribuídas propriedades medicinais e aplicações em perfumaria, cosméticos e sabonetes, entre outros. O nome do Peru bálsamo é porque os espanhóis desde o século XVI, ele foi enviado para as diversas regiões do Peru colheita para o seu barco para a Espanha. (CONAFOR, 2009).

### **3.1.4 *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbride.**

Sinonímia botânica: *Leptolobium leiocarpum* Vogel

Nomes vulgares: No Peru: Ana caspi, ana, Brasil: Garapa, amarelão, Bolivia: Almendrillo, Argentina: Grapia, Colombia: Cobre, Venezuela: Gateado.

Árvore de tronco reto com mais de 35 m de altura. Diâmetro médio à altura do peito (DAP) de 0,80 m a 1,50 m. Eixo cilíndrico com contrafortes íngremes. Folhas: alternas, compostas, imparipinadas, de 8 a 15 cm de comprimento, pecioladas, geralmente com 5 a 11 folíolos alternos e pequenos; lâminas de 2 a 5 cm de comprimento por 1 a 2,5 em de largura, de forma variável, de ovais a ovais-lanceoladas a elípticas ou ovado-oblongas, coriáceas, reticuladas, com base obtusa ou raramente arredondada, ápice agudo-acuminado, às vezes, emarginado; levemente pubescentes na parte inferior ou completamente glabras, com 7 a 9 nervuras secundárias.(CARVALHO, 2003), a casca externa é cinza acastanhada com placas

ritidoma grandes e irregulares, a casca interna é fibrosa - de areia. (TOLEDO, 1996, GUTIÉRREZ. 2001, CITEMadera, 2008)

### **3.1.5 *Hymenaea oblongifolia* Huber.**

Sinonímia botânica: *Cynometra samorana* R.E. Schult.

Nomes vulgares: No Peru: Azúcar huayo, Brasil: Jatobá, jatai, Colombia: Jutahi, guapinal, nazareno, Venezuela: Algarrobo, courbaril, Ecuador: Algarrobo, copal.

*Hymenaea oblongifolia*, atinge alturas de até 40 m e diâmetros de até 1 m, com eixo liso, cilíndrico, geralmente em linha reta, camarão subdesenvolvido ou ausente. Coroa larga, em forma de guarda-chuva, com alguns ramos e algumas curvas. Bark claro, cinza suave, com evolução em pequenas tiras; casca interna de espessura, marrom-avermelhada. Alternativo, composto com dois pontos, assimétricos brilhantes translúcidos, 4-10 cm de comprimento e 2-5 cm de largura folhas de flocos. FLORES brancas com manchas escuras, em inflorescências terminais 8 cm de comprimento. Legumes frutas oblongo, grosso, arborizado, marrom-avermelhada, até 20 cm de comprimento e 6,5 cm de largura, não abra no vencimento; sementes contêm até 8 grandes, globosa a ovate, marrom escuro, envolto em uma polpa farinhenta odor desagradável. (Arévalo, *et al.*, 2005, Toledo, 1996)

## **3.2 DESCRIÇÃO DAS MADEIRAS**

### **3.2.1 *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.**

Madeira muito pesada, de cor amarelo-avermelhado, grã revessa, textura média, cheiro distintivo e agradável (SIBILLE, 1996, GUTIÉRREZ. 2001), odor imperceptível, anéis de crescimento visíveis ao olho nu (Tabela 01) (Santini, L. 2013, CARVALHO, 2009). Parênquima axial confluyente em trechos curtos. Vasos visíveis sob lente de 10x (Ticiano, T. 2011), vasos visíveis a olho nu (GUTIÉRREZ. 2001), difusos, solitários e múltiplos, ocasionalmente obstruídos por substância de coloração amarela, linhas vasculares regulares na seção tangencial. Raios finos e numerosos, visíveis somente sob lente de 10x no plano transversal, estratificados. Canais secretores axiais, máculas medulares e floema incluso ausentes. (Ticiano, T. 2011, CONAFOR, 2008, GUTIÉRREZ. 2001, CITEMadera, 2008, CARVALHO, 2009, SIBILLE, 1996).

### **3.2.2 *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith.**

Madeira moderadamente pesada; macia ao corte; cerne bege claro amarelado; aspecto fibroso acentuado; textura média; grã irregular; brilho moderado; áspera ao tato; odor característico agradável de baunilha; gosto imperceptível, anéis de crescimento visíveis ao olho nu (Tabela 01) (Santini, L. 2013). Parênquima axial visível a olho nu, paratraqueal aliforme losangular, eventualmente formando confluências oblíquas curtas. Raios visíveis sob lente de 10x, finos e numerosos; regularmente espaçados; estratificação presente e irregular. Vasos visíveis a olho nu; solitários e múltiplos; distribuição difusa; médios; pouco

abundantes; parcialmente obstruídos por substância amarelada; placa de perfuração simples. (CONAFOR, 2008, Santini, L. 2013, GUTIÉRREZ. 2001, CITEmadera, 2008)

### 3.2.3 *Myroxylon balsamum* (L.) Harms.

Madeira pesada; dura ao corte; cerne castanho avermelhado; textura média; grã revessa; brilho moderado; lisa ao tato; odor característico agradável; gosto imperceptível, anéis de crescimento visíveis ao olho nu (Tabela 01) (Santini, L. 2013, WWF, 2012, TOLEDO. 1996, CITEmadera, 2008). Parênquima axial visível sob lente de 10x, paratraqueal vasicêntrico escasso e, eventualmente, em faixas marginais; pouco contrastado. Raios visíveis sob lente de 10x, finos e numerosos; regularmente espaçados; estratificação presente. Vasos visíveis a olho nu; solitários e múltiplos; distribuição difusa, tendendo a um arranjo oblíquo; pequenos; muito abundantes; parcialmente obstruídos por óleo-resina; placa de perfuração simples. (Santini, L. 2013, GUTIÉRREZ. 2001)

### 3.2.4 *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbride.

Madeira muito pesada, de coloração amarela, grã revessa, textura fina, cheiro imperceptível, anéis de crescimento visíveis ao olho nu (Tabela 01). Parênquima axial confluyente em trechos longos, Vasos visíveis sob lente de 10x, difusos, solitários e múltiplos, ocasionalmente obstruídos por substância de coloração amarelada, linhas vasculares regulares na seção tangencial. Raios finos e numerosos, visíveis somente sob lente de 10x no plano transversal, estratificados. Canais secretores axiais, máculas medulares e floema incluso ausentes. (Ticiano, T. 2011)

### 3.2.5 *Hymenaea oblongifolia* Huber.

A madeira de *H. oblongifolia* Huber quando seca ao ar, o alborno é de cor creme e o cerne de cor vermelho. Grão entrecruzada, textura média, brilho ausente, mármore arcos sobrepostos, anéis de crescimento visíveis ao olho nu (Tabela 01). Madeira de porosidade difusa, poros visíveis sob ampliação de 10x, solitários e múltiplos, parênquima visíveis sob ampliação de 10x, não tem estratificação. (CHAVESTA, M. 2005, CESVI, 2006, Acevedo *et al.*, 1994, TOLEDO, 1996).

**Tabela 01:** As diferentes descrições dos anéis de crescimento de cinco espécies da família Fabaceae, por diferentes autores:

Espécies	Descrição dos Anéis de Crescimento	Referencia
	Camadas de crescimento não marcados	CONAFOR (2008)
<i>Dipteryx odorata</i>	Camadas de crescimento com limites ausentes ou indistintos	Rangel (2012)
	Camadas de crescimento pouco distintas	Ticiano (2011)

	Anéis de crescimento ligeiramente diferenciadas em faixas irregulares escuras	CITEmadera (2008)
	Anéis de crescimento distintos	CARVALHO (2009), SIBILLE (1996)
	Anéis de crescimento visíveis a olho nu	Gutiérrez (2001), Santini (2013)
	Anéis de crescimento diferenciadas por faixas escuras	Acevedo et al. (1994)
	Anéis de crescimento diferenciados por faixas escuras e regulares	CHAVESTA (2005)
<i>Amburana cearensis</i>	Camadas de crescimento indistintas mesmo sob lente de 10x	Santini (2013)
	Anéis de crescimento quase imperceptíveis	Gutiérrez (2001)
	Anéis de crescimento diferenciados por faixas de lenho tardio mais escuras	CONAFOR (2008)
	Anéis de crescimento diferenciados por faixas escuras e regulares	Acevedo et al. (1994)
<i>Myroxylon balsamum</i>	Camadas de crescimento visíveis a olho nu demarcadas por faixas de parênquima marginal	Santini (2013), Gutiérrez (2001)
	Anéis de crescimento diferenciados por faixas escuras e regulares	Acevedo et al. (1994), CHAVESTA (2005)
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Camadas de crescimento com limites ausentes ou indistintos	Rangel (2012)
	Anéis de crescimento pouco diferenciados por faixas escuras e irregulares	CHAVESTA (2005)
	Camadas de crescimento pouco distintos	Ticiano (2011)
	Anéis de crescimento visíveis a olho nu	Gutiérrez (2001)
	Camadas de crescimento distintas sob lente de 10x, demarcadas por finas linhas marginais ou zona fibrosa	Santini (2013)
<i>Hymenaea oblongifolia</i>	Anéis de crescimento diferenciados por faixas claras	Acevedo et al. (1994), CHAVESTA (2005)
	Anéis de crescimento pouco distintos diferenciados por faixas de parênquima e zonas fibrosas	SIBILLE (1996)

Elaboração própria

### **3.3 APLICAÇÕES DAS MADEIRAS**

#### **3.3.1 *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.**

De acordo com as propriedades tecnológicas (físico-mecânicas altas), a madeira de *D. odorata*, muito resistente ao ataque de cupins e de fungos apodrecedores. Pode ser usada em construção civil, como vigas, caibros, ripas, tábuas e tacos para assoalhos, batentes de portas, lambris, forros, para uso externo, como postes, esteios, estacas, cruzetas, para confecção de carrocerias, vagões, defensas, para construção naval, bem como para a fabricação de móveis, pode ser usada ainda em artigos laminados decorativos, em assoalhos, fundos de recipientes, pavimentos, pisos industriais, molduras, móveis, torneados, carpintaria, marcenaria, tanoaria, estacas, esteios, macetas, mancais, agrícolas(implementos de ferramentas), armação de navios, pontes, vias férreas, eixos de moinhos e outros. A madeira de *D. odorata*, é tida como uma das melhores madeiras para dormentes, não apenas pela durabilidade, mas também por não rachar quando exposta ao sol. (SIBILLE, 1996; LORENZI, 1998; Gutiérrez, 2001; CITEmadera, 2008; CONAFOR, 2008; CARVALHO, 2009;).

#### **3.3.2 *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith.**

De acordo com as propriedades tecnológicas (físico-mecânicas médias) e pôr o desenho, a madeira de *A. cearensis*, pode ser usada em: armários, cozinhas, portas, janelas, marcas de portas e janelas, laminados decorativos, esculturas, tanoarias, móveis em geral e de luxo, parquet e chãos, fabricação de peças de adorno e entahle, marcenaria boa de interiores e externo (em lugar fechado, sem contato com o chão). (GUTIÉRREZ. 2001, CONAFOR, 2008; CITEmadera, 2008; Portal, 2010).

#### **3.3.3 *Myroxylon balsamum* (L.) Harms.**

A madeira de *M. balsamum*, é usada para construções pesadas de interiores e exteriores, móveis em geral, parquet, mobília, moldes interiores, revestimentos decorativos, peças torneadas, dormentes de via férrea, cercas, danoso, chassi, pilhas marinhas, mangas de ferramentas, cobriram com ripas, escadas, laminados decorativos, marcenaria, tacos de bilhares, artesanato e implementos desportivo e vigamento de pontes. (TOLEDO, 1996; GUTIÉRREZ. 2001; CITEmadera, 2008; CONAFOR, 2009; WWF, 2012).

#### **3.3.4 *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbride.**

A madeira serrada de *A. leiocarpa*, é usado para construção pesada (estrutural e de navios), manga de ferramentas, dormentes, chãos e assoalho, chassi, pilhas, longerons de pontes, suportes, pedaços cobertos com ripas, construção canoas navais, insoles de barcos, quilhas, trapiches, postes, estacas e marcas de portas. (TOLEDO, 1996; GUTIÉRREZ. 2001; CHAVESTA, 2005; CITEmadera, 2008).

### 3.3.5 *Hymenaea oblongifolia* Huber.

A madeira serrada de *H. oblongifolia*, é usado para construções pesadas, tais elementos estruturais como vigas, colunas e semelhantes, instalações de luxo e escadas, chãos, parquet, mobília e partes de mobília, marcenaria, carpintaria em geral (interior e externo), mangas para ferramentas e implementos agrícola, instrumentos musicais, artes, torneria, mobília de luxo, pontes, chapas ornamentais e artigos desportivos (tacos de golfe, etc), artesanatos. (SIBILLE, 1996; TOLEDO, 1996; ARÉVALO. *et al.*, 2005; CITEmadera, 2008).

## 3.4 FENOLOGIA DAS ESPÉCIES

### 3.4.1 *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

Sobre o comportamento fenológico no Peru a floração acontece entre outubro a janeiro e a frutificação entre junho e setembro. (CESVI, 2006, CASTILLO. *et al.*, 2007)

É uma espécie hermafrodita. Vetor de polinização: essencialmente diversas espécies de abelhas. Floração: de agosto a outubro, no Pará, de setembro a outubro, no Amazonas, e em dezembro, em Pernambuco. Frutificação: frutos maduros ocorrem de abril a julho, no Pará. Frutifica precocemente, aos quatro anos de idade. Dispersão dos frutos é do tipo drupa, com endocarpo lenhoso e uma única semente aromática. A dispersão dos frutos ocorre intermitentemente ao longo do ano, sendo mais pronunciada entre os meses de novembro e março. A dispersão é epizoocórica, sendo consumidos ainda na copa das árvores por morcegos e aves, e no chão da floresta, após caírem pela força da gravidade, por mamíferos de médio porte (MAUÉS, 2006). O florescimento é assincrônico e ocorre em dois períodos do ano, no final das chuvas e no auge da estiagem, com numerosas flores de coloração rosa intenso a púrpura, que liberam uma fragrância bastante agradável e adocicada (MAUÉS; MCQUEEN; SANTOS, 1999; CARVALHO, 2009).

O Cumarú é uma planta perenifólia, ciófito, indiferente quanto às condições de solo, característica e exclusiva da Floresta Pluvial Amazônica. Apresenta frequência elevada, porém um tanto descontínua e irregular ao longo de sua ampla área de ocorrência. Ocorre preferencialmente no interior da mata primária de terra firme. Produz anualmente abundante quantidade de sementes viáveis, amplamente disseminadas pela fauna (LORENZI, 1998).

O Cumarú floresce todos os anos, mas ocorre de forma mais concentrada durante os meses de setembro a novembro. Os frutos amadurecem em janeiro e fevereiro (PINTO *et al.*, 2008).

### **3.4.2 *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith.**

Sobre o comportamento fenológico no Peru: floração acontece entre março e maio. As árvores normalmente totalmente são defoliados ao momento do floração e frutificação. As frutas amadurecem em 3 - 4 meses. A disseminação de sementes acontece entre julho e setembro, alcança sua intensidade de máximo em agosto. A regeneração natural é abundante em lugares claros. (CESVI, 2006; KROLL *et al.*, 1994).

O período de floração de *Amburana cearensis* ocorre no início da estação seca, entre maio e julho e a frutificação se dá de agosto a outubro, queda foliar (MAIA, 2004). A floração e a frutificação são observadas após 10 anos de plantio. No Brasil, os espécimes são encontrados numa faixa de altitude entre 20-800 m, em regiões nas quais o índice pluviométrico e a temperatura média anual podem variar de 500-1700 mm e 19-29 °C, respectivamente. Mesmo sendo uma espécie heliófila, *Amburana cearensis* cresce favoravelmente em níveis de sombra acima de 56%, em sua fase inicial de desenvolvimento (CARVALHO, 1994).

### **3.4.3 *Myroxylon balsamum* (L.) Harms.**

Sobre o comportamento fenológico no Peru, a floração e frutificação eles acontecem todos os anos, mas com intensidade diferente. A floração e frutificação acontece entre os meses de março e junho. As frutas maduram em 3 - 4 meses. A disseminação das frutas começa em agosto a outubro (FLORES, 1997). A regeneração natural é regular dispersa (KROLL *et al.*, 1994; CESVI, 2006).

### **3.4.4 *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbride.**

Sobre o comportamento fenológico no Peru, a floração está em os meses de agosto a outubro. A disseminação das sementes com mais intensidade está pelos meses de janeiro a março. As deiscências de restos das frutas secas ficam até mesmo na árvore durante vários meses quando a árvore já estiver começando a florescer novamente. Antes da floração ou durante a frutificação pode ter total ou desfolho parcial da árvore. (FLORES, 1997, CESVI, 2006).

### **3.4.5 *Hymenaea oblongifolia* Huber.**

Sobre o comportamento fenológico no Peru, a floração acontece de agosto até novembro. A maturação dos frutos ocorre nos últimos 4 - 5 meses. A dispersão de sementes alcança sua máxima intensidade na época chuvosa nos mese de março a junho. (FLORES, 1997). A regeneração natural é regular em lugares claros (KROLL *et al.*, 1994).

### 3.5 DENDROCRONOLOGIA

A dendrocronologia, do grego (dendron: árvore; kronos: tempo, logos: conhecimento), é definida como a ciência da datação e a reconstrução de eventos de clima, incêndios florestais, atividade vulcânica, entre outros, a partir de características das espécies de árvores através dos anéis de crescimento, tendo a sua fundamentação teórica apresentada pelo astrônomo A. E. Douglas, que observou a relação entre o ciclo da atividade solar, o clima terrestre e a formação dos anéis de crescimento (FRITTS 1976; COOK; KAIRIUKSTIS, 1989; TOMAZELLO FILHO; BOTOSSO; LISI, 2000).

A especialização e o aprofundamento das pesquisas em dendrocronologia transformaram-na em uma ciência pluridisciplinar, constituindo ramos como os da dendroclimatologia, dendroecologia, dendroclimatografia, dendrosismologia, dendroglaciologia, dendroquímica, dendrohidrologia, dendrogeomorfologia, dendroarqueologia, entre outras. (TOMAZELLO FILHO *et al*, 1999). A aplicação da técnica da análise de anéis de crescimento no lenho das árvores é útil às ciências naturais, sendo feita através da dendroecologia e da dendroclimatologia, aplicando técnicas para a avaliação do efeito das variações ambientais no crescimento do tronco das árvores (NUTTO; WATZLAWICK, 2002).

#### 3.5.1 Princípios de Dendrocronologia

TOMAZELLO FILHO *et al.*, (2001) citam que como qualquer outra ciência, a dendrocronologia se rege por um conjunto de princípios ou regras científicas que têm suas raízes no ano 1785 (Princípio de uniformidade), e no ano 1987 (Princípio da agregação dos fatores ambientais). Alguns destes princípios especificamente são aplicados para estudos dendrocronológicos, enquanto outros estão comuns a muitas disciplinas (GRISSINO - MAYER, 1996, TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2001), Também os pesquisadores León e Espinoza de Pernia (2001); TOMAZELLO FILHO *et al*, (2001) descrevem estes princípios como:

***Princípio da uniformidade:*** Este princípio indica que os processos físicos e biológicos que influenciam no crescimento de uma árvore na atualidade, também estava presente no passado (MCCARTHY, 1998). Este princípio foi estabelecido por James Hutton em 1875 quem indicou do modo seguinte: "o presente é a chave do passado". Sim embargo os dendrocronologistas aplicaram ao indicar que "o passado é a chave do futuro". Em outras palavras, ao conhecer as condições climáticas prevaletentes no passado, por meio do estudo dos anéis de crescimento, se podem preditos e/ou manejar as condições ambientais no futuro (GRISSINO-MAYER, 1997). O princípio de uniformidade não significa que as condições do passado são precisamente semelhantes às do presente, sim não que semelhantes classes de influências afetam semelhantes tipos de processos (GRISSINO - MAYER, 1996).

***Princípio dos fatores limitantes:*** De acordo com este princípio, o processo de crescimento da planta pode acontecer só tão rápido como o que permite o fator que atua como principal limitante. Por exemplo se a chuva é o maior limitante do crescimento, a quantidade de madeira produzida por uma árvore em um certo ano, refletirá a quantidade de precipitação da daquele ano (GRISSINO-MAYER, 1996). Quando as condições são limitantes, muitos fatores relacionados com o processo de crescimento são limitados, produzindo-se menor quantidade de celas, anéis estreitos e as características das celas e densidade da madeira varia em função de que fator atua como limitante (FRITTS, 1996). Vale destacar que em a América do Sul, este fator limitante é a precipitação e que podem existir outros fatores predominantes dependendo da área, por exemplo no Alasca, é a temperatura e no Peru o fator restritivo seria a chuva (RODRÍGUEZ, 2008).

***Princípio de amplitude ecológica:*** Este princípio mostra que as espécies podem crescer, reproduzir e propagar-se por uma gama de hábitat que pode ser amplo, estreita ou restringiu (GRISSINO-MAYER, 1996). A importância deste princípio é manifestada porque muitas das espécies úteis em estudo dendrocronologia, a miúdo, está perto dos limites de seu rango natural de desarrollo (MCCARTHY, 1998; GRISSINO-MAYER, 1997).

***Princípio de crescimento agregado:*** Qualquer série individual de crescimento uma árvore pode ser "descomposta" em um conjunto de fatores agregados que afetam o padrão de crescimento da árvore pelo tempo. Por exemplo: O crescimento que acontece em um ano é uma função de uma série de fatores agregados como idade, clima, ocorrência de eventos dentro (por exemplo, caída de uma árvore) e era (por exemplo, desfolho causado por insetos) da floresta. Para maximizar a influência de um fator ambiental em particular, os outros fatores deveriam ser minimizados. Por exemplo, maximizando o sinal que corresponde ao clima, deveria ser eliminado a tendência relacionada com a idade e as árvores e sítios selecionado deveriam minimizar a possibilidade de ação da presença de fatores externos ou internos que podem afetar o crescimento (GRISSINO-MAYER, 1996; MCCARTHY, 1998). Este princípio pode ser expressado, de um modo matemático, com a seguinte equação (MCCARTHY, 1998):

$$R_t = A_t + C_t + D1_t + D2_t + E_t$$

Esta equação expressa que qualquer anel de crescimento (R) formado em um certo ano (t) é uma função da tendência de crescimento relacionada com a idade (A), condição climático (C), fatores internos da Floresta que pode afetar o crescimento (D1), fatores externos da Floresta que pode afetar o crescimento (D2) e a ação de qualquer outro fator aleatório (E) que não seja tomado em consideração pelos anteriores.

***Princípio da datação cruzada (crossdating):*** É o princípio básico do dendrocronologia e consiste em assignar a cada anel o ano exato da sua formação (MARTÍNEZ, 1996) por meio de um processo de "superposição" da variação da largura e outras características estruturais

dos anéis de crescimento (Kham, 1997). O crossdating se pode fazer por meio da aplicação de diversos métodos (MCCARTHY, 1998), sendo a) Método clássico, diretamente da madeira, b) Gráfico, de ploteo, c) De lista ou tabulou, d) Crossdating por meio da medição da largura dos anéis, e) De computadores e f) Estatístico.

**Princípio de seleção de sítio:** Os sítios úteis para o dendrocronologia podem ser identificados e selecionados com base a critérios que indicam que se produziram séries de anéis sensíveis às variáveis ambientais que está sendo examinado. O dendrocronologista deve selecionar lugares que maximizaram o sinal que está sendo investigado (MCCARTHY, 1998). Se devem identificar e selecionar uma área ecologicamente homogêneo onde se tomaram as amostras das árvores para estudar dendrocronológicos (KAENNEL E SCHWEINGRUBER, 1995).

**Princípio de replicação:** Este princípio indica que se deve levar mais que uma mostra do raio da tora por árvore e mais de uma árvore para sítio. Isto permite levar a cabo comparações estatísticas de variabilidade entre árvores e entre grupos de árvores. As medições desta variação proporcionam informação valioso, como os fatores do sítio e clima controlam o crescimento da árvore (FRITTS, 1976). Quando levando mais que umas séries de anéis por árvore se reduz mais a taxa de variação dentro de um mesmo árvore (GRISSINO-MAYER, 1996; MCCARTHY, 1998).

**Princípio de sensibilidade:** A observação dos anéis de crescimento pode ser uma guia de como os fatores ambientais podem se converter em um fator limitante do processo de crescimento. Enquanto maior seja a limitação ao crescimento ocasionado por fatores ambientais, maior será a variação da largura dos anéis de crescimento dentro de um mesmo árvore. A variação da largura dos anéis como consequência da presença de um fator limitante recebe o nome de sensibilidade, enquanto a falta de variação recebe o nome de complacência (FRITTS, 1976). As árvores mostram anéis "sensível" quando seu crescimento é afetado por fatores como pendente, chãos pobres, pouca umidade. A presença de anéis "complacentes" se produz baixo a ação de condiciones climáticas constantes como a alta disponibilidade de água, chãos férteis ou crescimento em regiões protegidas (MCCARTHY, 1998). Em outras palavras o crescimento da árvore é descrito como "sensível" quando existe um alto grau de variação anual, acontecendo uma mistura de anéis largos e estreitos pelo tempo. Por outro lado, o crescimento da árvore se considera "complacente" quando não exhibe um alto grau de variação anual, é dizer, existe pouca variação da largura dos anéis de crescimento pelo tempo. Em estudos de dendrocronologia se preferem os padrões de crescimento onde existe sensibilidade já que o processo de crossdating se facilita mais major seja a variação na largura dos anéis (MARTÍNEZ, 1996).

Finalmente León e Espinoza de Pernia (2001); Tomazello Filho *et al*, (2001) sustentam que além dos princípios descritos a dendrocronologia usa um procedimento de

estandardização o qual, às vezes é considerado como um princípio. A largura dos anéis de crescimento pode variar não só como consequência de câmbios climáticas, que também se pode produzir variações como consequência da idade da árvore, altura do talho onde se toma a amostra, condições e produtividade do sítio. Nos estudos de variação do estudo da largura dos anéis de crescimento em relação a câmbios climático, é conveniente estimar a taxa de câmbios sistemáticos de anéis largos, associou com a idade, para assim “removê-los” das medições.

Esta correção da largura do anel com relação à idade e geometria da árvore é conhecida com o nome de estandardização e valores transformados recebem o nome de índice de largura do anel (FRITTS, 1976). A padronização consiste na extração das variações de longo período em uma série temporária de parâmetros medidas nos anéis de crescimento. O processo consiste em dividir os valores observados (medidas dos anéis) pôr os valores calculados pela função de estandardização ajustada; deste modo, uma série temporária da largura dos anéis se convertem em uma série de índices da largura do mesmo (KAENNEL E SCHWEINGRUBER, 1995).

### **3.5.2 Dendrocronologia no Peru.**

Os primeiros estudos de Dendrocronologia no Peru, foram feitos na Universidade de Piura (UDEP) com a colaboração da Universidade do Colorado (USA) e do Instituto Geofísico do Peru (IGP) no final da década de 1980. Até o 2005 foram feitos então pesquisas na floresta costera do Peru orientados a relação com o clima e em especial com o fenômeno do El Niño. Nos anos 2007 o pos grado da Universidade Nacional Agraria La Molina, faz um convite de como professor visitante ao Dr. Mario tomazello Filho da Universidad de São Paulo; foi isso o punto importante na dendrocronologia do Peru onde não solo unicamente se incrementaran as publicaciones nesta área senão também as pesquisan foram mas para a florestas tropical amazônica (Figura 01). A continuação as pesquisas em orden cronológico:

SCHWYZER (1988). Realizou o primeiro estudo: “Análises de crescimento de árvores de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh, *Chorisia* sp. *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. e *Cedrela* sp., na Amazônia peruana. Na region Noroeste do Peru começou na Universidad de Piura (1987). Citado por TOMAZELLO *et al.*, (2009).

RODRÍGUEZ *et al.* (1993). Eles estudaram “O progresso em estudos de dendrocronologia na região litoral norte do Peru para um registo anterior de El Niño”. Registros crescimento de três espécies foram encontradas, incluindo os anos e anos de El Niño secos. O Sapote (*Capparis angulata*) sem anéis de crescimento. Crescimento parece ser principalmente controlada pela presença de água no subsolo. No entanto, esta apresenta variações em resposta às estações e anos húmidos. O ano de 1983 deixou marcas em sua bandagem muito visível e sem precedentes. O Hualtaco (*Loxopterigium huasango*) e Palo Santo (*Bursera graveolens*), se apresentam anéis completos. Ambos crescer em bem drenados, de baixas áreas montanhosas que cercam áreas desérticas planas. Seu habitat

abrange vários padrões de chuva, dos mais secos, onde crescem apenas durante anos de El Niño, o mais chuvoso, com precipitação anual sazonal, que mostra o crescimento, pelo menos, durante a estação chuvosa. Em ambos os casos, tanto exibem quase imediatamente a falta de chuvas ou nenhuma resposta com o crescimento radial de folhas novas e imediatamente após a ocorrência de apenas alguns centímetros de chuva. Dada a falta de chuvas e umidade do solo rapidamente perdem suas folhas e podem cochilar durante anos neste estado, em áreas mais secas. Uma análise preliminar da correspondência entre a intensidade de precipitação nas áreas mais úmidas e da espessura do anel em Palo Santo (*Bursera graveolens*) para ver uma alta correlação entre os dois, mostrando tanto o potencial desta espécie para estabelecer uma cronologia da intensidade de precipitação no passado, e, portanto, a ocorrência de El Niño.

FLORES, V. (1994). Estudo: “Dendrocronologia relação entre o crescimento radial do Sapote e eventos climáticos”, tese na Universidade de Piura. Citado por TOMAZELLO *et al.*, (2009).

CÓRDOVA MARTÍNEZ, E. (2002). Investigou "reconstrução do clima de anelamento das árvores na costa norte do Peru". Estude o Palo Santo (*Bursera graveolens*), a coleta de amostras foi realizada utilizando um método não-destrutivo que permite, com um dispositivo especial, retire uma amostra fina da madeira sem danificar a árvore. Então, para o processamento de muito particulares técnicas estatísticas foram aplicados, como o crescimento de árvores de um fenômeno muito complexo. Assim, foi possível desenvolver um cronograma que se estende no tempo 54 anos, onde ele pode ser claramente visto fidelidade no log de eventos ENSO. Os resultados fornecem a base para novos estudos a fim de gerar um replicador de cronologias de efeito e alcançar uma maior extensão no tempo para nos permitir desenvolver eficazmente modelos preditivos.

RODRÍGUEZ *et al.* (2005) estudaram (El Niño) eventos registrados em Floresta de planície seca no noroeste do Peru." Eles concluíram que a costa noroeste do Peru (51S, 801W) é muito sensível à impactado pelo fenômeno climático El Niño Oscilação Sul (ENSO). Embora na maior parte do deserto, esta região quente e seco contém uma Floresta equatorial seca. Eles relataram os primeiros estudos de dendrocronologia desta região e identificar várias espécies com potencial dendrocronologia. Cronologias Anel largura curto Palo Santo (*Bursera graveolens*) mostram um bem desenvolvido para o sinal de ENSO nos últimos 50 anos e uma boa correlação entre os sites de resposta. Estudos isotópicos preliminares em Algarrobo (*Prosopis* sp.) também mostraram evidências 1997-1998 evento El Niño. ENSO tem um forte efeito sobre a variabilidade no crescimento de várias espécies e, portanto, sobre a economia das comunidades rurais onde a madeira para habitação, cozinha, móveis, ferramentas, forragem e usos medicinais é usado. O uso extensivo de madeira em sítios arqueológicos também oferece a possibilidade de, em última instância desenvolver registros mais longos para algumas destas espécies.

LÓPEZ *et al.* (2005). Investigaram “Anatomia da madeira, a descrição dos anéis anuais, e as respostas a eventos ENSO *Prosopis pallida* HBK, uma planta lenhosa difundida em terras áridas e semi-áridas da América Latina”. *Prosopis pallida* H.B.K. é uma das

espécies de árvores mais importantes econômica e ecologicamente em terras áridas e semi-áridas das Américas. Secções de *P. pallida* foram utilizados para descrever a anatomia da madeira e para determinar se os anéis anuais eram visíveis ou não. Os resultados mostraram que a *P. pallida* tem anéis de crescimento anual distintas e, assim, é adequado para estudos dendrocronológicos. Cronologias de anéis de árvores correlacionam-se bem com as fases eventos de precipitação relacionados El Niño Oscilação Sul. A cronologia mestre para o norte do Peru foi construído com esses dados e algumas derivações fisiológicas da anatomia da madeira de *P. pallida* são discutidos.

CAMPOS ZUMAETA (2009), realizou o estudo: “Dendrología en árboles de Tornillo *Cedrelinga catebiformis* Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenero Herrera en el noreste de la Amazonia, Región Loreto – Perú”. Constatou-se a presença de anéis de crescimento distintos, representados por zonas fibrosas transversais escuras precedidas por uma diminuição da frequência de vasos que possibilitaram determinar idade das árvores (12-38 anos). A variável climática que mais influência no incremento do tronco das arvores foi à precipitação pluviométrica, principalmente no início da estação de chuvas do ano corrente (Janeiro - Abri e Maio) indicando o potencial da espécie para reconstruções climáticas.

ROSETO ALVARADO (2009), realizou o estudo: “Dendrocronologia de árvores de mongó, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na Floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru”. A variação radial da densidade aparente do lenho foi determinada pela densitometria de raios X. Anéis de crescimento delimitados pelo parênquima axial marginal são comprovadamente anuais e possibilitaram a determinação da idade das árvores de mogno (80-122 anos) e a construção de cronologias. A variável climática determinante para o maior crescimento em diâmetro do tronco das árvores foi a precipitação dos meses prévios ao crescimento, do início e do final da estação chuvosa (junho-agosto, dezembro e março) indicando o seu potencial para as reconstruções climáticas.

MELO POBLETE (2010). Estudo: "Dendrocronologia da espécie *Pinus radiata* D.DON, de plantações da fazenda Porcon Cajamarca". Os resultados mostraram uma correlação positiva de 0,432, o que mostra a relação entre os anéis e da precipitação anual, variável climática que influenciaram o crescimento de *P. radiata*, fazenda Porcon, em outras palavras, a idade das árvores está correlacionada para o número de anéis formados por ano em cada indivíduo.

SCHIPPER GUEROVICH (2011). Estudo: “Dendrocronologia Cedro *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) no sul da Amazônia do Peru, região de Madre de Dios”. Limite de idade Técnico correspondente ao valor de 37 anos foi determinada; Além disso, a idade mínima, Corte diâmetro mínimo legal correspondente a uma idade de 126 anos. Diferente modelo intensidades de colheita *Cedrela odorata* L., deslocar 20, visto que a produção a longo prazo, 100 anos, é a colheita com uma intensidade de 90%, para cada ciclo, a produtividade é maior por 30 % devido à elevada mortalidade ano 2%, foi utilizado neste estudo. Notou-se que o crescimento radial está positivamente relacionado com a precipitação e negativamente com temperaturas no final da primavera e início do verão. Os sinais produzidos pelos anéis de crescimento de *Cedrela odorata* L., em resposta às mudanças

climáticas, tais como ENSO, "El Niño" demonstrar o potencial dendroclimática Cedro na América do Sul.

HUAMÁN CALDERÓN (2011). Estudo: “Dendrocronologia árvores azucar huayo (*Hymenaea coubaril* L.L) na região de Madre de Dios (Província de Tahuamanu) – Peru”. Principais resultados obtidos da seguinte forma: (i) Um dos fatores limitantes do crescimento é a precipitação. (ii) A idade mínima de corte da espécie *Hymenaea courbaril* L.L é de 80 anos considerados como 51 centímetros de diâmetro mínimo de corte, (iv) Em um ciclo de corte de 20 anos, a Floresta de “Consolidado Otorongo” não recuperar 100% do número de árvores por hectare abatidos durante a primeira colheita.

ROSERO ALVARADO (2011), Estudo: “Análise de dendrocronologia de três espécies Florestais da Floresta seca Equatorial Sazonal” A variação radial da densidade da madeira foi determinada por anéis de crescimento de densitometria de raios X definido são comprovadas áreas fibrosas anuais e permitir determinar a idade das árvores para as espécies de Palo Santo “*Bursera graveolens*” (59 anos) e Hualtaco “*Loxopterigyum huasango*” (47 anos) e a construção de cronologias para o período de 1947-2005 e períodos 1953-2006, respectivamente. As taxas de crescimento encontrados em Palo santo foi 0,31-0,67 cm / ano em Hualtaco foi de 0,44 a 0,72 cm/ ano. O fator determinante para a continuação do crescimento em diâmetro do caule da variável climática árvores foi a precipitação anual de Lambayeque. Além disso, a espécie *Capparis scabrida* não resultou potencial dendrocronológica devido à estrutura anatômica com alta variância e do seu perfil de densitometria não diferenciar anel visualmente e por densitometria.

BECERRA MONTALVO (2011). Estudo: "A determinação turno de corta de *Cedrela odorata* L., *Retrophyllum rospigliosii* Pilger e *Prumnopitys harmsiana* Pilger, através do estudo dendrocronológica na região de Cajamarca - Peru". Foi estabelecido como turnos corta a idade de 113 anos para o cedro (*Cedrela odorata* L), 109 anos para o Romerillo macho (*Retrophyllum rospigliosii* Pilger) e 121 anos para Romerillo hembra (*Prumnopitys harmsiana* Pilger), possíveis ciclos de corte foram também analisados, que estabelece que o ciclo de corte de 20 anos de duração seria mais apropriado para o manejo Florestal sustentável de as espécies do Romerillo macho (*Retrophyllum rospigliosii* Pilger) e cedro (*Cedrela odorata* L); no entanto, para a espécie Romerillo hembra (*Prumnopitys harmsiana* Pilger), não foi possível determinar um ciclo de corte uma vez que esta espécie não tinha regeneração natural das Florestas avaliadas, por isso é recomendado a sua conservação.

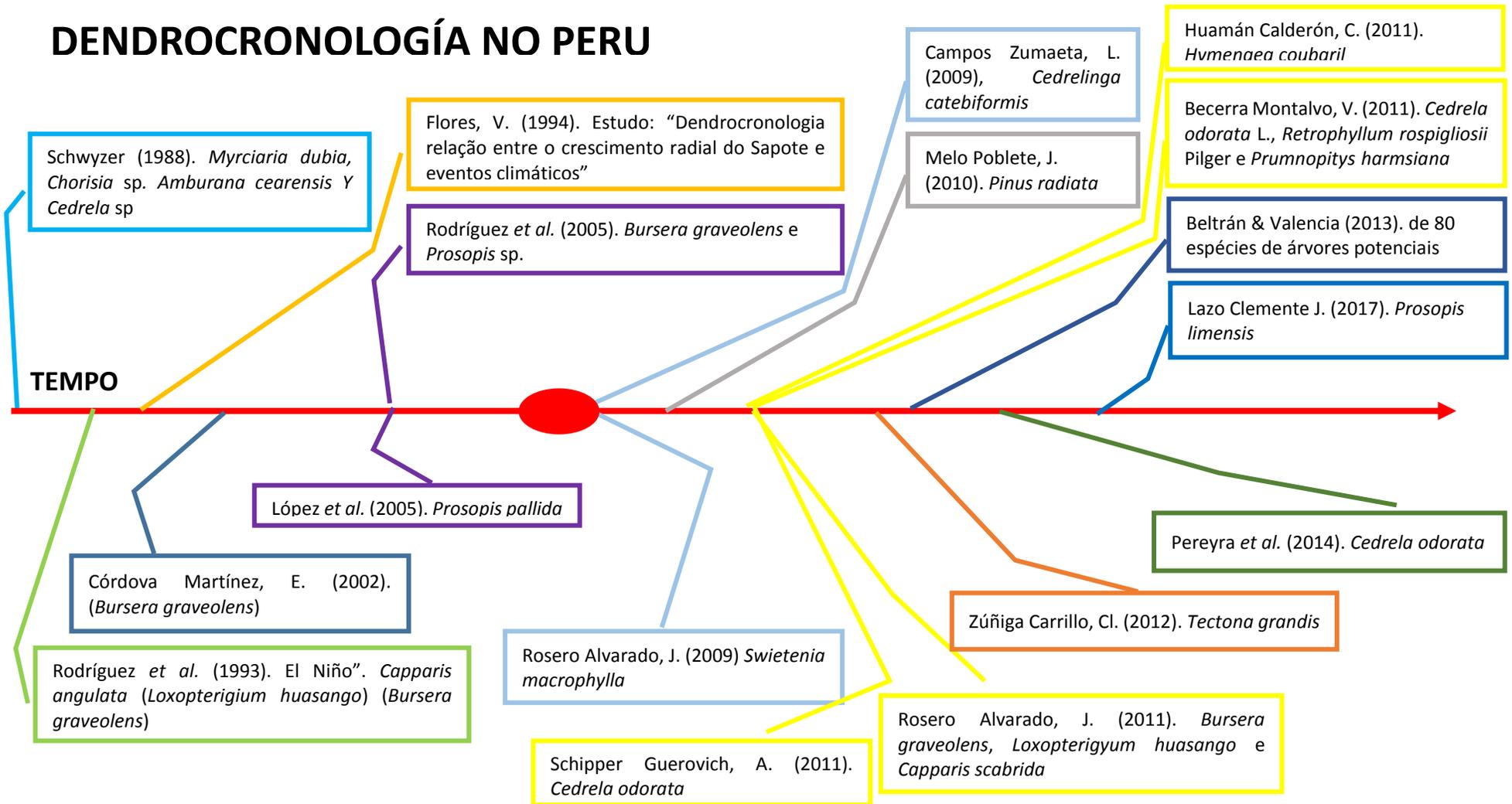
ZÚÑIGA CARRILLO (2012). Estudou: “Aplicação de dendrocronologia para avaliar influência da precipitação e da temperatura sobre o crescimento de *Tectona grandis* L.f. procedente do Fundo Génova – Junín”. A influência das variáveis climáticas na formação da largura do anel foi determinada; tendo constatado que a idade das árvores é de 25 anos; sendo precipitação, variável climática para o incremento dos fustes de árvores, principalmente no início da estação chuvosa (dezembro a fevereiro); de modo que a "Teca" é de grande potencial para reconstruções climáticas.

BELTRÁN & VALENCIA (2013). Pesquisaram "Anatomia dos anéis de crescimento de 80 espécies de árvores potenciais para estudos de dendrocronologia na Selva Central, Peru". Entre os resultados mais destacados são: O 30% das oitenta espécies estudadas apresentam um bom potencial para estudos de dendrocronologia. A maioria destas espécies são delimitados por uma faixa de fibras radialmente encurtados. Entre os problemas encontrados, pode-se destacar a presença de anéis com dificuldade que está sendo exibido, a presença de anéis irregulares e a presença de parênquima em faixas. As características microscópicas, mostram que a variação significativa no tamanho das fibras e dos vasos entre as zonas de crescimento (madeira início e madeira tardio), das espécies potenciais para dendrocronologia, têm uma produção de células periodicamente, o que poderia sugerir a formação anual de cada anel.

PEREYRA *et al.* (2014). Estudaram "Potencial *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudos de dendrocronologia na selva central do Peru". Eles encontraram que o crescimento da árvore estava relacionado às chuvas da estação chuvosa prévia e no final da estação seca, o atual período de crescimento. Da mesma forma, observou-se uma estreita relação entre o crescimento e precipitação total, considerando o ciclo hidrológico a partir de dezembro a setembro, para o período 1990-2009. Estes resultados indicam a influência das chuvas no crescimento radial de *C. odorata*. A boa discriminação dos anéis anuais, a forte relação com a precipitação, a ampla distribuição e longevidade das árvores, fazer de *C. odorata* uma espécie promissora para estudos dendroclimatological e dendroecologia em Florestas tropicais e subtropicais da América.

LAZO CLEMENTE (2017). Defenerá nos próximos meses, sua dissertação de mestrado "Determinação da idade de *Prosopis limensis* Benth em Hook no santuário histórico Floresta Pomac - Lambayeque" na Universidad Nacional Agraria La Molina.

# DENDROCRONOLOGÍA NO PERU



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 01:** Cronologia dos estudos em Dendrocronologia no Peru.

### 3.6 DENSITOMETRIA POR RAIOS X.

Para a determinação da densidade da madeira, alguns métodos são utilizados e entre esses, vem ganhado espaço a densitometria de raios X. Tal procedimento é medicina para mensuração da densitometria óssea em pacientes, entretanto, nas últimas décadas esse método vem ganhando destaque em estudos realizados com a madeira e seus derivados. É considerada como uma das principais técnicas não destrutivas de análise da qualidade da madeira por causa da precisão, detalhamento e praticidade (TOMAZELLO FILHO *et al*, 2008; BELINI *et al*, 2010; QUIRINO *et al*, 2012).

De acordo com SIQUEIRA (2004), a utilização dessa técnica de atenuação de raios X em madeira foi proposta por LENZ (1957) e desenvolvida por Polge em 1963, na França no Centro Nacional de Pesquisas Florestais em Champenoux.

Tendo um avanço significativo na análise de anéis de crescimento e medida de massa específica da madeira, permitindo realizar medições em pequenas áreas e, em particular, as variações dentro dos anéis de crescimento. Além disso, pode-se medir a largura dos lenhos inicial e tardio, a largura do anel de crescimento, o percentual de lenho tardio e inicial, a massa específica do anel e a massa específica dos lenhos inicial e tardio. Têm sido utilizados com sucesso nos estudos anatômicos, fisiológicos e tecnológicos, apontando a densitometria de raios-X como um poderoso instrumento para avaliação de efeitos externos na madeira (POLGE, 1965, 1978; PARKER & MELESKIE, 1970; WORBES, 1995).

A densitometria de raios X é uma técnica que consiste na obtenção de radiografias de uma fina secção transversal de madeira sobre um filme radiográfico; sendo este filme exposto à fonte de raios X e, pela passagem da radiação através da amostra de madeira, forma-se uma imagem da sua estrutura transversal. Esta técnica permite: a) medir as variações de densidade em pequenos setores, em particular, as variações intra e inter anéis de crescimento, b) medir a largura dos lenhos inicial e tardio e a largura do anel de crescimento e c) determinar a porcentagem de lenho tardio. A maior dificuldade desse procedimento é a obtenção de radiografias bem definidas da madeira. (FERRAZ & TOMAZELLO FILHO, 1978, SIQUEIRA, 2004; AMARAL 1994; CHAGAS *et al*. 2005).

Os limites dos anéis de crescimento devem estar orientados paralelamente aos raios e os raios emitidos também devem estar paralelos as amostras de madeira, caso contrário, serão formadas imagens borradas na radiografia. Este problema pode ser minimizado trabalhando com amostras de madeira mais finas, pois a definição da imagem radiográfica será melhor (AMARAL, 1994).

O teor de umidade das amostras de madeira afeta a precisão das medições de massa específica na radiografia (THOMAS, 1972; THOMAS & WOOTEN, 1973). Dessa forma, as

amostras de madeira devem ser acondicionadas num determinado teor de umidade antes de serem radiografadas (MCGRAW & NEARN, 1972)

Os raios X são uma radiação eletromagnética penetrante e invisível a olho nu e sempre que a madeira é atravessada por eles, há uma interação entre esta forma de radiação e a madeira. Parte dos fótons de raios X são removidos do feixe incidente numa quantidade proporcional à massa específica da madeira, da espessura da amostra e do número de fótons incidentes (SIQUEIRA, 2004).

Uma vez que a variação da densidade da madeira no sentido transversal estar relacionada com a disposição e dimensões dos elementos anatômicos, a análise microdensitométrica como uma importante ferramenta no sentido de fornecer informações que ajudem a melhor correlacionar a cronologia da produção anual de massa lenhosa com a estrutura anatômica da madeira. (MOTHE *et al.* 1998)

A utilização da densitometria de raios X, permite examinar as variações da densidade da madeira a pequenas distâncias, o que é impossível pelo método gravimétrico convencional, obtendo-se gráficos do padrão de variação radial da densidade e proporcionando a avaliação do desenvolvimento das árvores de espécies diferentes e a seleção das que produzem madeira com densidade mais uniforme ou mais elevada, possibilitando a seleção do material com densidade que se enquadra de forma mais uniforme nos padrões desejáveis de acordo com o uso final. (OLIVEIRA, 1997; HELLMEISTER E OLIVEIRA, 1998)

A análise por densitometria de raios X, proporciona um perfil detalhado da densidade na direção radial da madeira, onde se visualizam os limites dos anéis de crescimento (TOMAZELLO F., 2006).

SILVA (2002) utilizou a densitometria de raios X em madeiras de árvores de *Eucalyptus grandis*, com quatro diferentes idades, e concluiu que ocorreu um aumento da densidade aparente da madeira no sentido medula-casca. Para as árvores com dez anos, a densidade aparente média foi de 0,46 g/cm<sup>3</sup>, sendo 50% da seção radial próxima da medula formada por madeira juvenil; aos vinte e cinco anos, a densidade aparente média foi de 0,63 g/cm<sup>3</sup>, sendo detectada a madeira juvenil mais próxima da medula.

CHAGAS (2009), caracterizando os anéis de crescimento e a dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A., Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb. *Persea americana* Mill. *Tabebuia pentaphylla* Hemsl, e *Terminalia catappa* L., nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP, afirma que a aplicação da densitometria de raios X mostrou ser uma ferramenta valiosa na demarcação dos limites dos anéis de crescimento, tornando possível a mensuração da sua largura e a determinação da densidade inter e intra-anéis.

### 3.6.1 Estudos de Densitometria de raios X no Perú.

No Peru poucos estudos existem no Densitometria de Raios X; as quatro investigações foram levadas a cabo apoiar aos estudos dendrocronológicos e definir os limites dos anéis de crescimento das espécies estudadas. Das 04 investigações três foi levado a cabo por estudantes da Universidade Nacional Agrária La Molina Lima - Peru, na Escola de Pós-Graduação da mesma universidade. E outra investigação foi desenvolvida por um estudante da Universidade de São Paulo na escola Pós-Graduação da mesma universidade. Se pode observar que as análises de Densitometria de Raios X no Peru têm menos de uma década e que começou em 2009. Também é importante manifestar que o Dr. Mario tomazello Filho da Universidad de São Paulo, foi quem coorienta estas 04 pesquisas e foi realizada no Laboratório de Dendrocronologia, Anatomia e Identificação de Madeiras da ESALQ, porque até a actualidade no Peru não tem o equipamento para densitometria de raios x. A continuação as pesquisas em densitometria de raios x:

CAMPOS ZUMAETA, L. (2009), realizou o estudo: “Dendrología en árboles de Tornillo *Cedrelinga catebiformis* Ducke (Fabaceae), del Centro de Investigaciones Jenero Herrera en el noreste de la Amazonia, Región Loreto – Perú”. A delimitação dos anéis assim como a análise da variação radial foi realizada com a ajuda da técnica de densitometria de raio X. A análise dos perfis radiais pela técnica de densitometria permitiu observar que existem diferenças significativas entre a densidade aparente das arvores da plantação com as da Floresta apresentando esta última uma maior densidade aparente ( $0,70 \text{ g.cm}^{-3}$ ), assim como uma estabilização na densidade dos anéis de crescimento a partir dos 33 anos, relacionando-se diretamente com uma menor frequência, percentagem e diâmetros dos vasos e uma maior espessura da parede das fibras. A análise de regressão nos anéis de crescimento mensurados com mesa de medição Velmex e pela densitometria de raios X apresentou um valor de  $r^2=0.9561$  demonstrando o potencial desta técnica para as análises dendrocronológicas.

ROSERO ALVARADO, J. (2009), realizou o estudo: “Dendrocronologia de árvores de mongó, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na Floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru”. A variação radial da densidade aparente do lenho foi determinada pela densitometria de raios X, os perfis radiais de densidade aparente do lenho, obtidos por densitometria de raios X, possibilitaram a identificação do limite exato dos anéis de crescimento, pelos valores mínimos de densidade da região do parênquima marginal. A análise de regressão entre a largura dos anéis obtida pela mesa de medição e por densitometria de raios X apresentou valor de  $r^2=0.92$ , mostrando a potencialidade dos raios X como ferramenta para estudos de dendrocronologia. O oco do lenho do tronco foi observado em 20% das árvores de mogno, com DAP acima de 62 cm.

MELO POBLETE, J. (2010). Estudo: "Dendrocronologia da espécie *Pinus radiata* D.DON, de plantações da fazenda Porcon Cajamarca". O perfil da densidade aparente da madeira das árvores de *Pinus radiata* mostra uma tendência de aumento de valores de densidade aparente em sentido medula-casca, com uma estabilização dos valores na região próxima á casca. Pode-se observar que conforme aumenta a idade, os valores de densidade aparente são mais altos devido a uma maior porcentagem de lenho tardio e menor porcentagem de lenho inicial, sendo identificado o limite entre lenho juvenil e lenho maduro, sendo isto enquanto aproximadamente aos 8 anos de idade em árvores de *Pinus radiata*. A espécie de *P. radiata* a densidade da madeira de árvores jovens é menor que na madeira das árvores maduras. Os valores de densidade aparente média, máxima e mínimo na madeira de *Pinus radiata* foram de 0.47, 0.69 e 0.23 g.cm<sup>-3</sup>. As diferenças de densidade aparente média da madeira de cada árvore, provavelmente é relacionado à idade. Dentro do perfil também se pode identificar o limite exato do anel de crescimento, sendo caracterizado por um aumento seguido pela diminuição de valores de densidade aparente devido ao abrupto câmbio do lenho tardio para lenho inicial.

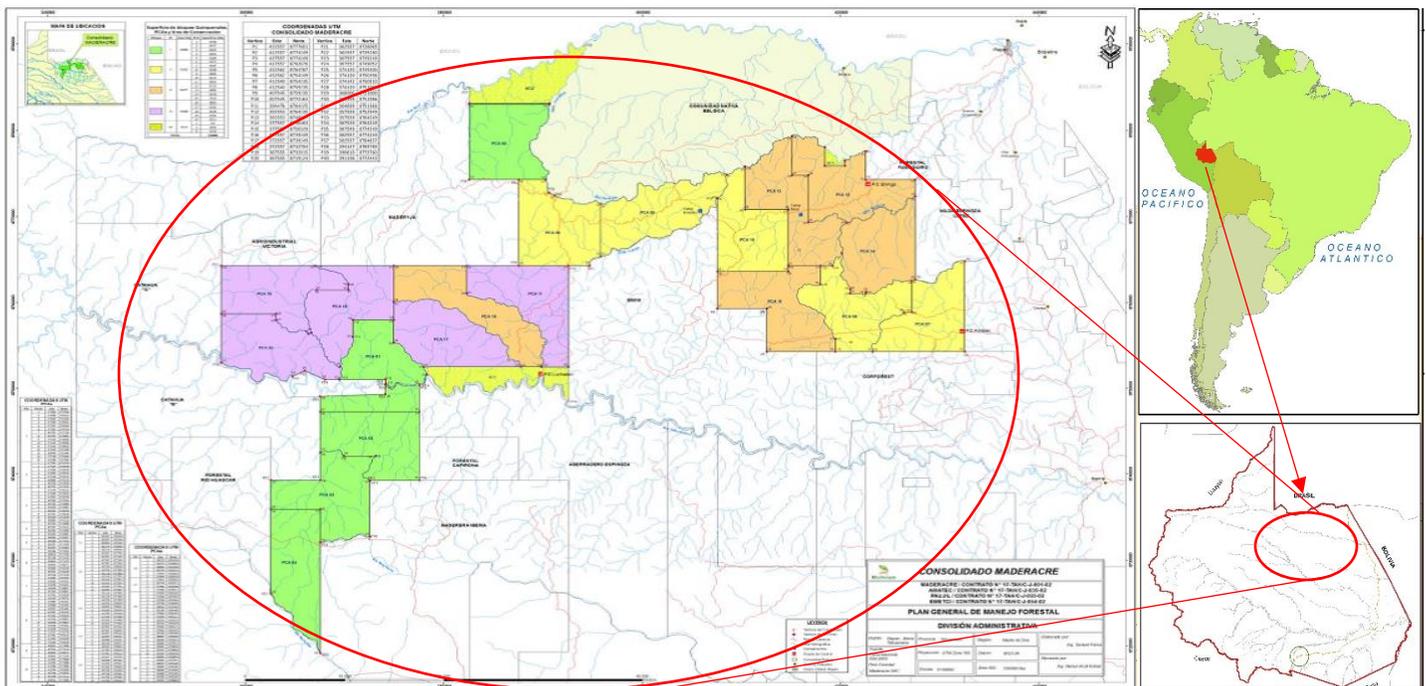
ROSETO ALVARADO, J. (2011), Estudo: "Análise de dendrocronologia de Florestais de espécies de três dá para Floresta seca Sazonal Equatorial". A variação radial da densidade aparente do lenho foi determinada pelo densitometria de Raios X. Os perfis radiais de densidade aparente do lenho, obtidos por densitometria de Raios X, facilitam a identificação do limite exato dos anéis com valores máximos de densidade na região de área fibrosa (limite do anel). A análise de regressão entre a largura dos anéis medida em mesa de medição e para densitometria de Raios X apresenta um valor de  $r^2=0,97$  e  $0,99$  para Palo Santo "*Bursera graveolens*" e Hualtaco "*Loxopterigyum huasango*" respectivamente mostram a potencialidade dos Raios X como ferramenta para estudos de dendrocronologia. Por outro lado, as espécies *Capparis scabrida* mostrou não ser potencial para estudos dendrocronológicos devido à estrutura anatômica que apresenta e para a alta variação de seu perfil densitométrico não diferenciando o anel tanto visual como por densitometria.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de coleta

A da área de coleta do material foi na Floresta Úmida Tropical, localizada na região de Madre de Dios Peru, Província Tahuamanu e distritos de Iberia e Iñapari, especificamente na área concedida sob concessão Florestal o Estado peruano para Consolidado MADERACRE e consiste em quatro concessões Florestais (Maderacre: No. 17-TAH / CJ-001-02, AMATEC: No. 17-TAH / CJ-035-02, PAUJIL: No. 17-TAH / CJ -033 a 02, EMETCI: No. 17-TAH / CJ-054-02), tem uma área no âmbito do Plano Geral de Manejo Florestal (PGMF) de 132.085 (ha).

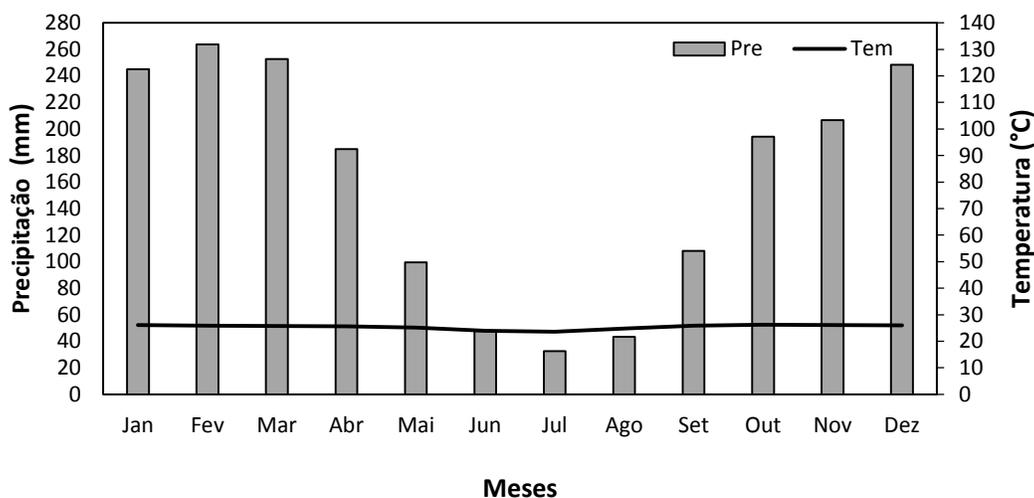
De acordo com o Plano Geral de Manejo Florestal, existe um único tipo de Floresta altamente predominante na área de Consolidado MADERACRE (Floresta de colina baixa Forte (Bcb2). Esta Floresta é definida em áreas que têm uma origem tectônica, mas também foram moldadas pela erosão da água, tendo acentuado a robustez de sua topografia, apresentando encostas que podem chegar a 70%, também a altura relativa a que pode chegar a elevação dessas colinas é de até 80 m. É Floresta composto de árvore de mediana contextura, constituído por um dossel superior de até 35 metros de altura, as copas das árvores dominantes têm um diâmetro entre 15 e 20 metros. Tem um conteúdo médio volumétrico médio que pode variar entre 100 a 150 metros cúbicos. (PGMF-2014).



Fonte: Plano Geral de Manejo Florestal, consolidado MADERACRE 2014.

**Figura 02:** Mapa de divisão administrativa do Consolidado MADERACRE.

O clima cálido e com precipitação abundante em todas as estações do ano, que variam num intervalo de 2000-4000 mm/ano. O regime pluvial é variável ao longo do ano, onde a temporada de menor precipitação corresponde aos meses de junho a agosto (estação seca) (Figura 03), enquanto a temporada de maior precipitação corresponde aos meses de dezembro a março (estação úmida); a precipitação média anual é de 2000 mm/ano. A temperatura mensal varia de 24-26°C e, os valores máximos atingem um intervalo de 33-36°C nos meses de agosto a setembro (Romero et al., 1998; Walsh, 2005).



**Figura 03:** Diagrama ombrotérmico com médias para a área de estudo.

Fonte: O autor.

#### 4.2 Seleção das árvores.

O inventário Florestal realizado pelo consolidado MADERACRE SAC., no Plano Operacional Anual (POA) em o bloco quinquenal III, tem 43 espécies registrada, onde estão sendo aproveitadas seis espécies Florestais para as questões de exportação e demanda, as quais são: *Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis*, *Dipteryx odorata* e *Handroanthus serratifolia*.

Destas cinco espécies pertencentes à família botânica FABACEAE, foram selecionadas (Tabela 02).

**Tabela 02:** Espécies selecionadas para o estudo.

Nº	Nome científico	Nome comum PERU	Nome comum BRASIL	Família botânica
1	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Ana caspi	Garapa	Fabaceae
2	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	Azúcar huayo	Jatobá	Fabaceae
3	<i>Myroxylon balsamum</i>	Estoraque	Cabreúva vermelha	Fabaceae
4	<i>Amburana cearensis</i>	Ishpingo	Cerejeira	Fabaceae
5	<i>Dipteryx odorata</i>	Shihuahuaco	Cumaru ferro	Fabaceae

Fonte: Elaboração própria.

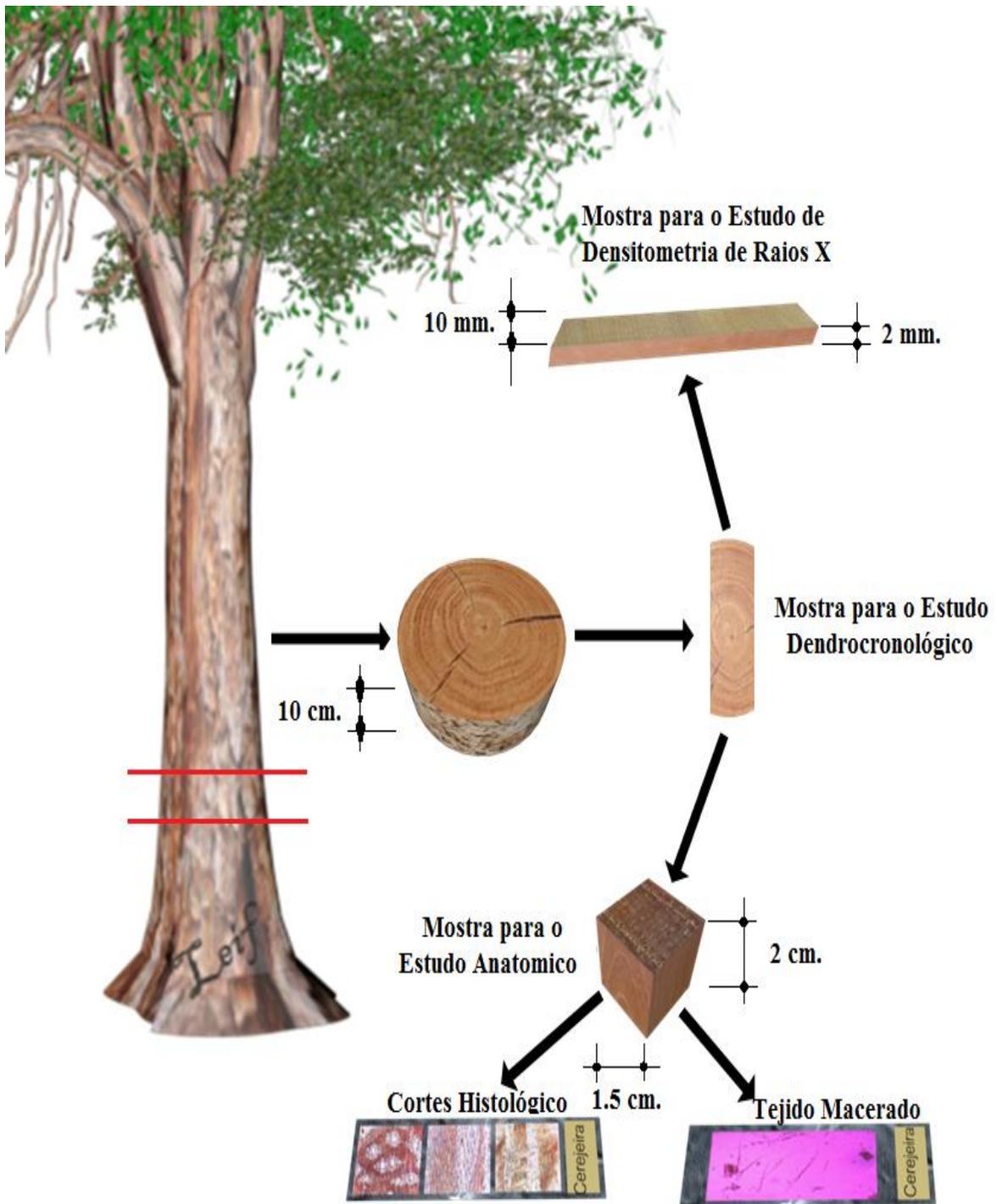
De todas as árvores aproveitadas se selecionaram 7 árvores de Garapa, 10 de jatobá, 10 de cabreúva vermelha, 10 de cerejeira e 8 de cumaru ferro. Os principais critérios para a seleção dos indivíduos foram a) Os localizados pelo menos a uma distância de 20 m de cursos de água, essa consideração foi feita sabendo que a água é importante para o crescimento da planta e elemento portante, poderiam ter distorcidos os resultados, proporcionando valores não representativos; b) A dispersão de árvores dentro da área de amostragem; c) Estado fitossanitário do cerne das árvores, evitando indivíduos com buracos, e com deterioração interno; d) A medula central, entre outros fatores.

#### 4.2.1 Coleta do material

Para as espécies selecionadas foram coletados após o corte das árvores, um disco de 10 cm de espessura da base de cada uma das árvores. Os disco foram cortados em secção transversal diametral e foram retiradas duas amostras radiais de cada no sentido medula-casca (Figuras 04 e 05).

#### 4.2.2 Acondicionamento e transporte das madeiras.

As madeiras codificadas na floresta do consolidado MADERACRE, foram embaladas adequadamente e transportadas para a cidade de Seropédica, Rio de Janeiro-Brasil, por via terrestre com cerca de 4320 km, especificamente a serraria e do Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Onde posteriormente foram acondicionadas para a secagem a temperatura ambiente.



**Figura 04:** Esquema de obtenção das amostras de madeira.

Fonte: O autor.



**Figura 05:** Fases de campo. **a.** Obtenção dos discos, **b.** Discos cortados da base do árvore, **c.** Mensuração das toras, **d.** Discos das cinco espécies da família Fabaceae com fita para redução de rachaduras, **e.** Demarcação da parte central dos discos e **f.** Corte no centro do disco para os estudos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEX. **Boletín informativo**, elaborado por la Gerencia de Servicios e Industrias Extractivas. 12 p. 2014.

AMARAL, A.; TOMAZELLO, M. **Avaliação das características dos anéis de crescimento de Pinus taeda através de microdensitometria de raios X**. Revista Ciência e Tecnologia, 11/12 (6): 17-23 p, 1998.

AMARAL, A. **Implantação da metodologia de densitometria de raios-X em madeira**. Piracicaba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). ESALQ - USP. 1994

AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. **Avaliação das características dos anéis decrescimento de Pinus taeda, através da microdensitometria de raios X**. In: MEETING ON NUCLEAR APPLICATIONS, 4, Poços de Calda. Programas e resumos. São Paulo: SBF. 202 p, 1997.

ARÉVALO & LONDOÑO, A. **Manual para la Identificación de Maderas que se Comercializan en el Departamento del Tolima**. Universidad del Tolima. Colombia. 161p. Barrichelo, L.E.G. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de Eucalyptus spp. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO 1982, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1982. p.726-731, 2005.

BARROSO, G. M. et al. **Sistemática das angiospermas do Brasil**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 326 p, 1991.

BECERRA, V. 2011. **Determinación del turno de corta de Cedrela odorata, Retrophyllum rospigliosii pilger y Prumnopitys harmsiana a través del estudio dendrocronológico en la región Cajamarca-Perú**. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 115 p.

BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; LASSO, P. R. O.; MUÑIZ, G. **Potencialidade da microtomografia de raios X (microCT) para a caracterização anatômica da madeira de folhosas tropicais**. Madeira: Arquitetura e Engenharia, São Carlos, v. 11, n. 26, p. 69-77, 2010.

BELTRÁN, L & VALENCIA, G. **Anatomía de anillos de crecimiento de 80 especies arbóreas potenciales para dendrocronología em la Selva Central, Perú**. Rev. Biol. Trop. 1025-1037. 13p, 2012.

BOLFOR, 1997. **Informe final de consultoria Silvicultura de bosque Humedo tropical**, Documento Técnico 52 /1997.22pp Condit, R., Hubbel, S.P., Foster, R.B., 1995B. Mortality-

rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. Ecol. Monogr. 65,419–439.

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. **Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forest: a test for six species using tree-ring analysis.** In: BRIENEN, R. (Comp.). Tree rings in the tropics, a study on growth and ages of Bolivian rain forest trees. Riberalta: PROMAB. chap. 2, p 19-34. (Scientific Series, 10), 2005. b.

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. **Relating tree growth to rainfall in Bolivian rainforests: a test for six species using tree ring analysis.** Oecologia, cidade, v.146: 1–12, 2005.a

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. **Anillos de crecimiento de árboles maderables en Bolivia: su potencial para el manejo de bosques y una guía metodológica.** PROMAB / IGEMA, Informe Técnico N° 7, Riberalta, BO.33 p, 2003.

CAMPOS, L. **Dendrocronología en árboles de tornillo Cedrelinga cateniformis, del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonia, región Loreto-Perú.** Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 143 p, 2008.

CARVALHO, P. **Cumaru-ferro (*Dipteryx odorata*).** Colombo-PR: EMBRAPA Informação Tecnológica. 8 p, 2009.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais brasileiras: recome ndações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Brasília: EMBRAPA, 640p, 1994.

CARVALHO, P. **Cumaru-ferro (*Dipteryx odorata*).** Colombo-PR: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

CESVI. 2006. **38 Especies Comerciales De Los Bosques De Tahuamanu.** Madre de Dios, Peru. 114 p.

CHAGAS, M.P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de Grevillea robusta A. Cunn, Hovenia dulcisThunb. Persea americana Mill., Tabebuia pentaphylla Hemsl. e Terminalia catappa L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP.** - 2009. 113 p. Dissertações (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CHAGAS. M.P.; TOMAZELLO FILHO, M.; MOYA, R.A.; ARAUJO, A.L.L. **Varição da densidade básica da madeira, no sentido base topo, de árvores de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla*.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 13, 2005, Piracicaba. Anai. Piracicaba: USP, 2005.

CHAVEZ, A.; DÍAZ, J.; FERNANDEZ, R.; HUAMANI, L.; MORENO, R. **Comparación de Áreas deforestadas a través de varias metodologias em la Provincia de Tahuamanu,**

**Madre de Dios, Perú.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguacu, PR, Brasil. INPE. 3880-3887p, 2013.

CITEmadera. **Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales.** Tomo II. Lima, Perú. 74p, 2008.

CITEmadera. **Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales.** Tomo I. Lima, Perú. 74p, 2008.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL “CONAFOR”. **Fichas Técnicas sobre Características Tecnológicas y usos de Maderas Comercializadas en México.** Tomo I. 62p, 2008.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL “CONAFOR”. **Fichas Técnicas sobre Características Tecnológicas y usos de Maderas Comercializadas en México.** Tomo II. 132p, 2009.

COMISSÃO PAN-AMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição macroscópico, microscópico e geral da madeira.** São Paulo. v. 30,19p, 1974.

COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L. **Methods of dendrochronology: application on the environmental sciences.** Dordrecht: Kluwer Academic. 394 p, 1989.

COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L. **Methods of dendrochronology: application on the environmental sciences.** Dordrecht: Kluwer Academic, 394 p, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL). **Espécies Arbóreas da Amazônia nº 7: Cumaru, *Dipteryx odorata*.** 2004.

FERRAZ, E.S.B.; TOMAZELLO FILHO, M. **Uso de métodos nucleares nos estudos da qualidade da madeira.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. Anais... Manaus: Ed. SBS. v. 2.p.17-27, 1978.

FERREIRA, G. C.; HOPKINS, M. J. G.; SECC, R. S. **Contribuição ao conhecimento morfológico das espécies de Leguminosae comercializadas no estado do Pará, como “angelim”.** Acta Amazônica, v. 34, n. 2, p. 219-232, 2004.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. **Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto.** Boletim Informativo IPEF, Piracicaba, v. 6, n. 20, p 1-25, 1978.

FLORES, A. S. & RODRIGUES, R. S. **Diversidade de Leguminosae em uma área de savana do estado de Roraima, Brasil.** Acta bot. bras, v. 24, n. 1, p. 175-183, 2010.

FLORES, V. **Relación dendrocronológica entre el crecimiento radial del sapote y eventos climáticos.** Tesis de Bachillerato, Universidad de Piura, Piura. 89 p, 1994.

FLORES, Y. **Comportamiento Fenológico de 88 especies forestales de la Amazonía Peruana**. INIA – ICRAF. 117. P. 1997.

FRITTS, H.C. **Tree rings and climate**. 1976. New York: Academic Press. 567 p.

GRISSINO-MAYER, H. **Dendrochronology**. Disponible em <http://www.sonic.net/bristlecone/dendro.html>. 1996.

GRISSINO-MAYER, H. **Principles of Dendrochronology**. <http://www.ltrr.arizona.edu/people/henri/princip.htm>. 1997.

GUTIÉRREZ & Silva J. 2001, Serie Técnica XII, **Información Técnica para el Procesamiento Industrial de 134 Especies Maderables de Bolivia**. 372p.

HOLMES, R.L. **Dendrochronology: program manual**. Tucson: Laboratory of Tree-Ring Research. 40 p, 1994.

HOLMES, R.L.; ADAMS, R.K.; FRITTS, H.C. **Quality control of crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA**. In: \_\_\_\_\_. *Tree-ring chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Tucson: Arizona University. 15-35 p, 1986.

HUAMÁN, C. **Dendrocronología de árboles de azúcar huayo (*Hymenaea courbaril* L.) en la Región de Madre de Dios (provincia de Tahuamanu) - Perú**. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria de la Molina, Lima. 123p, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae, II. Gimnospermae**. Brasília, 19 p, 1991.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE. **List of microscopic feature for hardwood identification**. IAWA Bulletin, Leiden. v.10, n.3, p. 219 – 332, 1989.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. 1940. New York: McGraw Hill. 523 p.

JOLY, AYLTHON BRANDÃO. **Botânica: Introdução à Taxonomia Vegetal**. 13. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 2002.

KAENNEL, M. & F. SCHWEINGRUBER. **Multilingual glossary of Dendrochronology**. Terms and definitions in English, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP, Birmensdorf. 1995.

KHAM, N. **Common species for Tree Rings Dating**. Disponible em <http://www.emporia.edu/S/www/earthsci/student/nang/treering.htm>.

KROLL, B., NALVARTE, W. & D. MARMILLOD. **Árboles del Perú. Especies Forestales de Dantas**. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Departamento de Manejo Forestal y Cooperación Técnica del Gobierno Suizo. Lima Perú, sin paginación, 1994.

LANDIS, R.M., PEART, D.R. **Early performance predicts canopy attainment across life histories in subalpine forest trees**. *Ecology* 86, 63–72, 2005.

LENZ, O. **The use of radiography in the examination of annual rings**. *Forest Research Inst, Swiss*, v.33, n.5, 1957.

LEÓN, W. Y ESPINOZA DE PERNÍA, N. **Anatomía de la madera**. Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones. Merida – Venezuela. 2001. 397 p.

LEWIS, G. *et al.* **Legumes of the World**. Kew: Royal Botanic Gardens. 2005.

LIEBERMAN, D., LIEBERMAN, M., HARTSHORN, G.S., PERALTA, R., A. **Growth rates And Age-Size Relationships Of Tropical Wet Forest Trees In Costa Rica**. *J. Trop. Ecol.* 11, 97–109, 1985.

LIEBERMAN, M. AND LIEBERMAN, D. **Simulation of growth curves from periodic increment data**. *Ecology* vol.66, pp.632-635, 1985.

LIMA, H. C.; CORREIA, C. M. B.; FARIAS, D. S. Leguminosae. In: M.P.M. de Lima; R.R. Guedes-Bruni (eds). *Reserva Ecológica de Macaé de Cima: Nova Friburgo-RJ: Aspectos Florísticos das Espécies Vasculares*. *Jard. Bot. do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro. 167-228 p, 1994.

LÓPEZ, B.C., S. SABATE, C. A. GRACIA & R. RODRÍGUEZ. **Wood anatomy, description of annual rings and responses of ENSO events of *Prosopis pallida***. *Journal of Arid Environments* 61: 541-554, 2005.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 1 ed. Editora Nova Odessa. São Paulo: Instituto Plantarum. 2v, 1998.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 1 ed. Editora Nova Odessa. São Paulo: Instituto Plantarum, 2v.

MAIA, G. N. Caatinga: **Árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D & Z Editora, 2004. 413 p, 1998.

MANOKARAN, N., KOCHUMMEN, K.M. **Recruitment, growth and mortality of tree species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia**. *J. Trop. Ecol.* 3, 315–330, 1987.

MARTINEZ, E.C.I. **Reconstrucción climática a partir del anillado de árboles de la costa norte del Perú**. Tesis de Bachillerato, Universidad de Piura, Piura. 132 p, 2002.

MARTÍNEZ, L. **A Guide to Dendrochronology for Educators**. Disponible em <http://www.ltrr.arizona.edu/people/henry/lorim/lori.htm>. 1996.

MAUÉS, M. M. **Estratégias reprodutivas de espécies arbóreas e sua importância para o manejo e conservação Florestal: Floresta Nacional do Tapajós (Belterra-PA)**. 206 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas, Brasília, DF, 2006.

MAUÉS, M. M.; MCQUEEN, D.; SANTOS, L. F. **Biologia da polinização do cumaru (*Dipteryx odorata*, Leg. Pap.), essência Florestal nativa da Amazônia**. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: contribuições do Projeto EMBRAPA/DFID (1999, Belém, PA). Resumos expandidos... Belém: Embrapa-CPATU/DFID, p. 116-120. (Documentos, v. 123). 1999.

MCCARTHY, B. **Dendrochronology Seminar. P BIO-69 Dendrochronology Seminar 500 Server**. Ohio University. 1998.

MCGRAW, R.A. & NEARN, W.T. **DETAILED DBH. Density profiles of several trees from Douglas-fir fertilizer/thinning plots**. In: SYMPOSIUM ON EFFECTS OF GROWTH ACCELERATION ON PROPERTIES OF WOOD. Madison. Proceedings... Madison: FPL, 1972. p. G1/G24, 1972

MELO, P. **“Dendrocronología de la especie Pinus radiata d. Don de plantaciones de la granja Porcon Cajamarca”**. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 147p, 2010.

MILAGRES, F. R. **Avaliação da madeira de híbridos de Eucalyptus globulus com E. grandis e E. urophylla, para produção de celulose, utilizando espectroscopia Nir**. 142f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MOTHE, F.; DUCHANOIS, G.; ZANNIER, B.; LEBAN, J.M. **Microdensitometric analysis of wood samples: Data computation method used at Inra-ERQB (Cerd Program)**. Annales des Sciences Forestières, Versailles, v. 55, n. 3. 301-313 p, 1998.

MOTHE, F.; SCIMA, D.; LEBAN, J.M.; NEPVEU, G. **Localisation de la transition bois initial – bois final dans un cerne de chêne par analyse microdensitométrique**. Annales des Sciences Forestières, Champenoux, V. 4, n. 55, p. 437-449, 1998.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L.F. **Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na Região de Santa Maria, RS.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 45, jul./dez.p 41- 55, 2002.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVERA, J.T.S.; HELLMEISTER, J.C. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** São Paulo: USP, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1998. 52p. (Boletim Técnico, 194).

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology: structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the United States and Canada.** 4. ed. New York: McGraw-Hill, 722 p, 1980.

PARKER, M.L. & MELESKIE, K.P. **Preparation of X-Ray Negatives of Tree-Ring Specimens for Dendrochronological Analysis.** Tree-Ring Bulletin, v.30(1-4), p.11-21, 1970.

PEREYRA, M., INGA, G., SANTOS, M & RODRÍFUEZ R. **“Potencialidad de *Cedrela odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú”.** Rev. Biol. Trop. 783-793. 12p, 2014.

PINHEIRO, A. L. **Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento Florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia e qualidade da madeira.** Viçosa: SIF, 1999.

PINTO, A. M.; MORELLATO, L. P. C.; BARBOSA, A. P. **Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae) em duas áreas de Floresta na Amazônia Central.** Acta Amazônica, vol. 38, n. 4. 643-650 p, 2008.

CONSOLIDADO MADERACRE. **Plano Geral De Manejo Florestal,** 28p, 2014.

POLGE, H. **The use of curves of density variation for the study of environmental factors and in particular of climatic factors.** IUFRO, Section 41, 8p. 1965.

POLHILL, R. M. PAPILIONOIDEAE. IN: POLHILL, R. M.; RAVEN, P. H. (Ed.). **Advances in Legume Systematics part I.** Kew: Royal Botanic Gardens. 191-208 p, 1981.

POORTER, L., BOOT, R., HAYASHIDA-OLIVER, Y., LEIGUE, J., PENA-CLAROS, M., AND ZUIDEMA, P. A. **Estructura y dinámica de un bosque húmedo tropical en el norte de la Amazonía boliviana.** PROMAB, Informe Técnico N.2, Riberalta, Bolivia.35p, 2001.

**PZEE – Propuesta de Zonificación Ecológica Económica, com base para el Ordenamiento Territorial de Madre de Dios.** Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú, 153p, 2001.

QUIRINO, W. F.; PINHA, I. V. O.; MOREIRA, A. C. O. SOUZA, F.; TOMAZELLO FILHO, M. **Densitometria de raios X na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 525-536, 2012.

RIBEIRO, A. **Modelagem não Linear do crescimento e da produção de plantações Florestais.** Tese do doutorado. Lavras, Minas Gerais, Brasil. 96 p, 2010.

ROCHA, M. G. B. **Variação da densidade básica e correlações entre caracteres de progênies jovens de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden em duas etapas de crescimento.** 54 f. Dissertações (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1983.

RODRIGUEZ, R., A. MABRES, G. LUCKMAN, M. EVANS, M. MASIOKAS & T. M. EKTVEDT. **“El Niño” events recorded in dry-forests species of the lowlands of northwest Peru.** *Dendrochronologia* 22: 181-186, 2005.

RODRIGUEZ, R., R. WOODMAN, B. BALSLEY, A. MABRES & R. PHIPPS. **Avances sobre estudios dendrocronológicos em la región costera del Perú para obtener um registro pasado del fenómeno El Niño.** Instituto Francés de Estudios Andinos 22(1): 267-281, 1993.

ROMERO, Lidia et al. **Geología de los cuadrángulos de Río Acre 22-v, Iñapari 22-x, Qda. Mala 23-v, Iberia 23-x, San Lorenzo 23-y, Puerto Lidia 24-v, Río Manuripe 24-x, Mavila 24-y, Santa María 24-z, Valencia 25-z, Palma Real 26-z y Río Heath 27-z.** Hojas: SC 19-10, SC 19-14, SC 19-15, SD 19-3 y SD 19-7. Lima: INGEMMET. 1998.

ROSETO, J. **Dendrocronología de árvores de mogno, Swietenia macrophylla King., Meliaceae, ocorrentes na Floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Perú.** Tesis (Mag. Sc). Piracicaba: ESALQ/USP, BR, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 131 p, 2009.

ROSETO, J. **“Análisis Dendrocronológico de tres especies forestales del Bosque seco Ecuatorial Estacional”.** Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal - Facultad de Ciencias Forestales. UNALM. Lima. Perú. 124 p, 2011.

SASS, J.E. **Botanical microtechnique.** 3rd ed. Iowa: State Press. 228 p, 1951.

SCHIPPER, A. **“Dendrocronología del cedro Cedrela odorata L. (Meliaceae) de la amazonia sur del Perú, la región Madre de Dios”**. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 166 p, 2011.

SCHWYZER, A. **Anillos de crecimiento en cuatro árboles tropicales de Jenaro Herrera, Loreto, Perú**. Boletín de Lima 58: 83-86, 1988.

SIBILLE, A. & RODRÍGUEZ, M. **Manual de Identificación de Especies Forestales de la Subregión Andina**. Instituto Nacional de Investigación Agraria – Perú y Organización Internacional de Las Maderas Tropicales (OIMT). Lima, Perú. 469p, 1996.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 181f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SIQUEIRA, K. P. **Variabilidade da massa específica de pinus taeda l. Em diferentes classes de sítio**. 2004. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SWAINE, M.D., HALL, J.B., ALEXANDER, I.J., **Tree population dynamics at Kade Ghana (1968–1982)**. J. Trop. Ecol. 3, 331–345, 1987a.

SWAINE, M.D., HALL, J.B., PUTZ, F.E. **The dynamics of tree populations in tropical forest: a review**. J. Trop. Ecol. 3, 359–367, 1987b.

THOMAS, W.R. & WOTEN, T.E. **X-ray analysis of wood increment cores**. Dep. of For. Res. Series, Clenson, (26): 1-16, 1973.

THOMAS, W.R. **X-ray analysis of wood increment cores**. Clenson, University Clenson, South Carolina, 1972. 61p.

TOLEDO, E & RINCÓN, C. **Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú**. 240 p, 1996.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C.S. **Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia**. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.; LESJAK; BARRELA, W. (Org.) **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 1999 p. 117-144.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, S.C. **Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais**. In: ROIG, F.A. **Dendrocronologia en América Latina**. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, p.381 – 431, 2000.

TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W. **Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood**. Maderas. Ciencia y Tecnología, Concepción, v. 10, n. 2, p. 139-149, 2008.

TOMAZELLO FILHO, M; Roig, F.; Zevallos, P. A. **Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina**. Ecología en Bolivia, 44(2):73-82, 2009.

TOMAZELLO, FILHO. M. **Efeito da irrigação e da fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* x *urophylla***. 135 f. Tese (Livre-Docência) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

WOJCIECHOWSKI, M. F. **Reconstructing the phylogeny of legumes (Leguminosae): an early 21st century perspective**. In: KLITGAARD, B. B.; BRUNEAU. A. (Ed.). Advances in legume systematics 10. Kew: Royal Botanic Gardens. 5-35 p, 2003.

WORBES, M. **How to measure growth dynamics in tropical trees – A review**. IAWA Journal, v.16, n.4, p.337-351, 1995.

WWF Panamá. **Maderas de Panamá/Woods of Panama**. 46p, 2012.

ZÚÑIGA, Cl. **“Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. procedente del Fundo Génova – Junín”**. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 95 p, 2012.

**CAPÍTULO I. Caracterização anatômica do lenho de espécies da família Fabaceae  
visando estudos de dendrocronologia**

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi caracterizar a anatomia do lenho e dos anéis de crescimento de cinco espécies tropicais da família Fabaceae, da floresta tropical Amazônica do Peru, visando sua aplicação para a dendrocronologia. Foram utilizadas cinco espécies arbóreas nativas (*Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis* e *Dipteryx odorata*) de ocorrência natural na região de Madre de Dios no Peru. Foram feitas as descrições macroscópicas do lenho e a caracterização dos anéis de crescimento das cinco espécies nativas e por último as espécies que apresentam melhor delimitação dos anéis foram feitas a descrição microscópicas. As descrições foram feitas seguindo o estipulado pelo IAWA Committee (1989), COPANT (1974) e IBAMA (1991). Os resultados mostram que as espécies *Hymenaea oblongifolia* e *Amburana cearensis*, apresentam boa delimitação dos anéis de crescimento caracterizado pela presença de zonas fibrosas com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes com uma menor frequência de vasos, além disso apresenta uma fina faixa de parênquima axial marginal, este último tipo de delimitação ajuda muito na zona do alburno.

**Palavras - chave:** Anéis de crescimento, floresta tropical, espécies nativas.

## ABSTRACT

The export of native wood from the Amazonian Topical Forest of Peru in the last decades has intensified. Woods such as *Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis* and *Dipteryx odorata*, are the most requested mainly for parquet. In this context a study of five forest species of the Fabaceae family, from the triple border of Peru, Brazil and Bolivia, of the Consolidated MADERACRE, which has FSC certification, was developed. Wood samples were collected from 5 individuals per forest species. The macroscopic anatomy was performed, descriptive sheets were elaborated for each of the five species, the growth rings were also characterized for the dendrochronological studies of the selected species and finally the microscopic anatomy of the species with the greatest visual potential Dendrochronology. The descriptions were made following the stipulated by the IAWA Committee (1989). The results show that the species *Hymenaea oblongifolia* and *Amburana cearensis*, present a good delimitation of the rings of growth characterized by the presence of fibrous zones with radial flattening of the fibers and thickening of their walls with a lower frequency of pots. Marginal axial parenchyma.

Key words: Growth rings, tropical forest, native species.

## 1 INTRODUÇÃO

Na Florestas tropicais a sazonalidade das chuvas marca uma estação seca (Sorbes, 1995). Isto leva as árvores terem ritmos anuais em sua fisiologia (Borchert, 1994). A região de Madre de Dio (Peru) tem uma estação seca de pelo menos 2 meses, com menos de 50 mm de chuva. Isso se traduz uma diminuição no crescimento em diâmetro para muitas das espécies florestais nativas (Worbes, 1999). Assim, um limite de crescimento diferente se forma em muitas árvores tropicais. De fato, muitos estudos demonstraram a presença de anéis de crescimento em espécies de Floresta tropical no mundo inteiro.

Anéis de crescimento anuais em espécies tropicais nativas tem sido mostrado em estudos na triferontera do Peru, Brasil e na Bolívia, no Peru região de Madre de Dios (Rosero, 2009; Huaman, 2011; Schipper, 2011), região de Pando na Bolívia (Brienen E Zuidema, 2003; 2005a; 2005b; 2006; Brienen, 2005) e no estado do Acre Brasil (Lobão, 2011).

A anatomia da madeira é um dos pilares para determinar informações tecnológica das madeiras para que possa ter o uso mais adequado para as madeiras. Para a identificação dos anéis de crescimento de espécies Florestais tropicais é importante estar familiarizado com anatomia da madeira (STAHL, 1999). As espécies *A. leiocarpa*, *H. oblongifolia*, *M. balsamum*, *A. cearensis* e *D. odorata*, já têm estudos anatômicos no Peru e em muitos países tropicais onde são encontradas, como o Brasil; no entanto, existem diferenças nos estudos anatômicos realizados por diferentes autores, especialmente quando o anel de crescimento dessas espécies é descrito. Isso pode ser explicado pelo fato dos pesquisadores realizarem a descrição dos anéis de crescimento somente na região do cerne, e não ao longo da direção radial (casca-medula).

Por outro lado é importante e necessário realizar estudos dendrocronológicos em florestas tropicais para auxiliar o manejo florestal sustentável; por ser uma ferramenta importante, rápida e prática para determinar, entre outras coisas, a idade das árvores, o crescimento médio anual, a relação com o clima da região, a relação com fenômenos anômalos do clima e a determinação do diâmetro mínimo de corte (DMC) entre outras coisas; cobrindo áreas grandes de coleta e trabalhando com número significativos de árvores comerciais, além disso pode-se trabalhar de maneira destrutiva (discos) e não destrutiva (mostras com trado), é muito importante para estes estudos de dendrocronologia é conhecer como primer passo a anatomia das madeiras em estudo, como por exemplo a caracterização da delimitação da estrutura dos anéis de crescimento das espécies tropicais nativas, como se apresentam os anéis falsos e como pode ser identificado e de maneira geral toda sua estrutura, porque pode levar a erros de datação e mensuração.

A família Fabaceae (Leguminosae) é a terceira maior família de angiospermas, apresentando cerca de 18.000 espécies, distribuídas em aproximadamente 727 gêneros em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae (LEWIS *et al.*, 2005). Sua distribuição é cosmopolita e está bem representada nas regiões tropicais, subtropicais e

temperada (FLORES e RODRIGUES, 2010), e muitas espécies nativas comerciais de exportação do Peru são desta família botânica, é aí que reside a importância de estudá-los.

Pelo exposto, o trabalho tem como objetivo caracterizar a anatomia do lenho e dos anéis de crescimento de cinco espécies tropicais da família Fabaceae, da floresta tropical Amazônica do departamento de Madre de Dios – Peru, visando sua aplicação para a dendrocronologia.

O trabalho encontra-se dividida em três partes. A primeira corresponde a descrição das características gerais e macroscópicas das cinco espécies (*Amburana cearensis*, *Hymenaea oblongifolia*, *Dipteryx odorata*, *Apuleia leiocarpa* e *Myroxylon balsamum*). O segundo trata da caracterização anatômica dos anéis de crescimento das cinco espécies na direção radial (casca-medula). E por fim o terceiro faz uma caracterização microscópica das espécies que apresentaram melhor visualização dos anéis de crescimento na direção radial das espécies.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivos geral

Caracterizar a anatomia do lenho e dos anéis de crescimento de cinco espécies tropicais da família Fabaceae, da floresta tropical Amazônica do departamento de Madre de Dios – Peru, visando sua aplicação para a dendrocronologia.

### 2.2 Objetivos Específicos

- i. Realizar a descrição macroscópica do lenho das cinco espécies tropicais da família Fabaceae, na floresta tropical Amazônica do departamento de Madre de Dios – Peru.
- ii. Caracterizar os anéis de crescimento das cinco espécies da família Fabaceae, da floresta tropical Amazônica do departamento de Madre de Dios – Peru.
- iii. Realizar a descrição microscópica do lenho das espécies que apresentaram melhor delimitação dos anéis de crescimento das espécies tropicais da família Fabaceae, da floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios – Peru.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Coleta do material

Para as espécies selecionadas foi obtido um disco de 10 cm de espessura da base de cinco árvores (*Amburana cearensis*, *Hymenaea oblongifolia*, *Dipteryx odorata*, *Apuleia leiocarpa* e *Myroxylon balsamum*).

### 3.2 Caracterização da estrutura anatômica do lenho e dos anéis de crescimento

#### 3.2.1 Caracterização da estrutura macroscópica do lenho

A identificação das espécies da família Fabaceae, pela análise da estrutura anatômica macroscópica das madeiras foi realizada a través da: a) Orientação dos corpos de prova do lenho nos três planos de estudo (Transversal, tangencial e radial), b) Polimento do plano transversal com uma sequência de lixa de 60-1200 grãos/cm<sup>2</sup>(Figuras 06e e 6f), d) Limpeza das suas superfícies com compressor de ar, d) Análise da sua estrutura anatômica com lupa conta fios de 10x aumentos e e) Comparação com amostras-padrão da xilotecas do Instituto

de Florestas – UFRRJ, além de fotografias da literatura especializada. Para as capturas das imagens macroscópicas do plano transversal da madeira foi utilizada uma câmara digital marca HIROCAM de 3 megapixels acoplado a um microscópio estereoscópio de marca NIKON modelo SMZ 745T, e na sequência, realizada a descrição anatômica macroscópica, observando-se os caracteres gerais como cor, brilho, odor, gosto, resistência ao corte manual no plano transversal, grã, textura e presença de camadas de crescimento. A descrição macroscópica a distinção das camadas de crescimento, parênquima axial (visibilidade e tipo), raios (visibilidade, frequência, espaçamento e estratificação), vasos (visibilidade, tipos, distribuição, frequência e obstrução), foi realizada de acordo com as normas da IAWA (1989) e com as Normas de Procedimento em Estudos de Anatomia de Madeira do IBAMA(1991).

### **3.2.2 Caracterização dos anéis de crescimento do lenho**

Para a caracterização dos anéis de crescimento das 05 espécies da família Fabacea, foram utilizados mostras da secção transversal na direção medula-casca, foi feito o polimento do plano transversal com uma sequência de lixa de 60-1200 grãos/cm<sup>2</sup>(Figura 06e e 06f), em seguida se realizou uma limpeza das suas superfícies com compressor de ar, tudo isso para destacar os anéis de crescimento no plano transversal do lenho. As amostras foram digitalizadas a 1200dpi em scanner marca EPSON modelo V700. Para depois ser analisados e descritos qualitativamente com software de análises de imagens Image-Pro 4.5. LOBÃO (2011), ROSERO (2009).

### **3.2.3 Caracterização da estrutura microscópica do lenho**

Para a descrição da estrutura anatômica microscópica das madeiras foram produzidos corpos de prova, orientados nas dimensões de 1x1x2cm. Após este procedimento, as amostras foram amolecidas por meio de cozimento em água e glicerina (4:1). As seções histológicas das madeiras foram obtidas na espessura de 12-16 µm dos planos transversal e longitudinal (tangencial e radial), em micrótomo de deslizamento horizontal marca MICROM modelo HM 450 (Figura 06a e 06b).

Os processamentos dos cortes anatômicos e as montagens de laminas histológicas permanentes das madeiras foram feitos de acordo com SASS (1951). Para as capturas das imagens e a descrição das características microscópicas das madeiras foram utilizados os microscópios ópticos marca OLYMPUS modelo CX40 equipados com câmara digitais marca HIROCAM de 3 megapixel, microscópio eletrônico de varredura-MEV, marca HITACHI modelo TM3000 e computador com software de análises de imagens Image-Pro 4.5. A descrição anatômica microscópica do lenho foi realizada de acordo as normas da Comissão

Pan Americana de Normas Técnicas-COPANT (1974), da IAWA (IAWA-COMMITTEE, 1989) e do IBAMA (1991).

Amostras do lenho das 05 espécies, foram obtidas com faca e transferidas para frascos de vidro com a solução macerante de ácido acético + peróxido de hidrogênio, na concentração de 1:1, fechados e mantidos em chapa aquecedora de marca FISATOM a uma temperatura constante de 65 °C por 48 horas (Figura 06c). Depois de que as lascas do lenho ficassem brancas, a solução macerante foi esgotada e a suspensão do lenho lavadas em água destilada 04 vezes, coradas com safranina para a montagem das lâminas histológicas semi permanentes (Figura 06d) (JOHANSEN, 1940; SASS, 1951). As lâminas histológicas com o tecido macerado foram examinadas em microscópio ópticos marca OLYMPUS modelo CX40 com câmera digital marca HIROCAM de 3 megapixel, foi capturada imagens para a mensuração das dimensões das células (fibras e elementos vasculares) do lenho das árvores das espécies da família Fabaceae, aplicando o programa Image-Pro 4.5.



**Figura 06:** Anatomia da madeira. (a). Realizando os cortes histológicos das madeiras, (b). Micrótomo e amostras obtidas, (c). Colocando a amostras de tecido macerado na chapa de aquecimento, (d). Preparando as lâminas semi permanentes, (e). Lixando a secção transversal das madeiras, (f). Amostras escaneadas das 05 espécies.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Descrições Anatômicas Macroscópicas do lenho das 5 espécies da família Fabaceae.

Os resultados da descrição anatômica macroscópica das madeiras das 05 espécies florestais selecionadas no presente trabalho são apresentados a seguir. Foram realizadas análises macroscópicas a fim de investigar e descrever as características anatômicas do lenho de cada uma das espécies.

Sendo assim as 05 espécies florestais referenciadas pelo nome científico, família e subfamília, nome vulgar (Brasil e Peru), o número de registro da amostra na xiloteca da UFRRJ, descrição dos caracteres gerais e descrição da estrutura anatômica macroscópica são apresentados na forma de fichas. A análises das madeiras de cada espécie foi complementada com as figuras das fotomicrografias em estereoscópio.

**01 – Nome científico :** *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

**FIGURA 07/01**

**Família-subfamília :** Fabaceae-Papilionoideae.

**Nome Vulgar :** Cumarú (Brasil) e Shihuahuaco (Peru).

**Nº de registro xiloteca:** 7629

#### **Descrição dos caracteres gerais:**

Em condição seca ao ar, existe mudança abrupta de alburno a cerne. O alburno é de cor creme claro HUE 8/3 10YR e o cerne de cor castanho avermelhado HUE 5/6 5YR (Munsell Soil Color Charts). Na secção transversal o alburno ocupa o 10.5% e o cerne o 89.5%. Brilho moderado; odor perceptível ligeiramente agradável; gosto não distintivo, grã entrecruzada ou revessa; textura média a fina, figura na secção longitudinal: Tangencial (arcos sobrepostos), radial (bandas paralelas e satinado), causado por camadas de crescimento e grã.

#### **Descrição Macroscópica:**

**Camadas de crescimento:** Visível a olho nu, demarcadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras.

**Parênquima axial:** Visível a olho nu, paratraqueal vasicêntrico, aliforme losangular e confluyente.

**Raios:** Visíveis somente sob lente de 10x, na secção transversal finos e numerosos, na secção tangencial estratificados.

**Vasos:** Porosidade difusa; visíveis a olho nu; solitários e escassamente múltiplos de 2,3-5; eventualmente obstruídos por resina de coloração escura e sílica de coloração branca.

**02 – Nome científico :** *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith      **FIGURA 07/02**

**Família-subfamília :** Fabaceae-Papilionoideae.

**Nome Vulgar :** Cerejeira (Brasil) e Ishpingo (Peru).

**N° de registro xiloteca:** 7631

**Descrição dos caracteres gerais:**

Em condição seca ao ar, existe mudança abrupta de alburno a cerne. O alburno é de cor creme HUE 8/2 2.5Y e o cerne de cor amarelo HUE 8/8 2.5Y (Munsell Soil Color Charts). Na secção transversal o alburno ocupa o 13.8% e o cerne o 86.2%. Brilho acentuado; odor característico agradável a baunilha; gosto distintivo agradável, grã entrecruzada; textura média a grossa, figura na secção longitudinal: Tangencial (arcos sobrepostos), radial (bandas paralelas e satinado), causado por parênquima axial, camadas de crescimento e grã.

**Descrição Macroscópica:**

**Camadas de crescimento:** Visível a olho nu, demarcadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras e eventualmente por finas linhas de parênquima marginal.

**Parênquima axial:** Visível a olho nu, paratraqueal aliforme losangular, eventualmente confluyente.

**Raios:** Visível a olho nu, na secção transversal finos e numerosos, na secção tangencial não estratificados.

**Vasos:** Porosidade difusa; visíveis a olho nu; maiormente solitários e escassamente múltiplos de 2,3-4; eventualmente obstruídos por gomas.

**03 – Nome científico:** *Myroxylon balsamum* (L.) Harms.

**FIGURA 07/03**

**Família-subfamília :** Fabaceae-Papilionoideae.

**Nome Vulgar :** Cabriúva vermelha (Brasil) e Estoraque (Peru)

**Nº de registro xiloteca:** 7633

**Descrição dos caracteres gerais:**

Em condição seca ao ar, existe mudança abrupta de alburno a cerne. O alburno é de cor amarelo claro HUE 8/4 2.5Y e o cerne de cor castanho avermelhado HUE 4/4 5YR (Munsell Soil Color Charts). Na secção transversal o alburno ocupa o 9.6% e o cerne o 90.4%. Brilho moderado; odor característico agradável; gosto indistinto, grã entrecruzada ou revessa; textura média a fina, figura na secção longitudinal: Tangencial (arcos sobrepostos), radial (bandas satinado), causado por camadas de crescimento e grã.

**Descrição Macroscópica:**

**Camadas de crescimento:** Visível a olho nu, demarcadas por faixas de parênquima marginal.

**Parênquima axial:** Visíveis somente sob lente de 10x, paratraqueal vasicêntrico, eventualmente em faixas marginais.

**Raios:** Visíveis somente sob lente de 10x, na secção transversal finos e numerosos, na secção tangencial estratificados.

**Vasos:** Porosidade difusa; visíveis a olho nu; solitários e maiormente múltiplos de 2,3; eventualmente obstruídos por gomas.

**04 – Nome científico:** *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.

**FIGURA 07/04**

**Família-subfamília** : Fabaceae-Caesalpinoideae.

**Nome Vulgar** : Garapa (Brasil) e Ana caspi (Peru)

**N° de registro xiloteca:** 7635

#### **Descrição dos caracteres gerais:**

Em condição seca ao ar, existe mudança abrupta de alburno a cerne. O alburno é de cor amarelo claro HUE 8/6 2.5Y e o cerne de cor bege amarelado a castanho amarelado HUE 6/8 10YR (Munsell Soil Color Charts). Na secção transversal o alburno ocupa o 6.7% e o cerne o 93.3%. Brilho moderado; odor imperceptível; gosto não distintivo, grã entrecruzada ou revessa; textura fina, figura na secção longitudinal: Tangencial (arcos sobrepostos) pouco diferenciados, radial (bandas paralelas), causado por as camadas de crescimento.

#### **Descrição Macroscópica:**

**Camadas de crescimento:** Visível a olho nu, ligeiramente individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escura e eventualmente por finas linhas de parênquima marginal.

**Parênquima axial:** Visível a olho nu, paratraqueal aliforme losangular e confluyente, em trechos longos e eventualmente faixas marginais.

**Raios:** Visíveis somente sob lente de 10x, na secção transversal finos e numerosos, na secção tangencial estratificados.

**Vasos:** Porosidade difusa; visíveis somente sob lente de 10x; maiormente solitários e escassamente múltiplos de 2,3-4; eventualmente obstruídos por substância de coloração amarelada e sílica.

**05 – Nome científico:** *Hymenaea oblongifolia* Huber

**FIGURA 07/05**

**Família-subfamília :** Fabaceae-Caesalpinoideae.

**Nome Vulgar :** Jatobá (Brasil) e Azúcar huayo (Peru)

**N° de registro xiloteca:** 7637

**Descrição dos caracteres gerais:**

Em condição seca ao ar, existe mudança abrupta de alburno a cerne. O alburno é de cor marrom muito pálido HUE 8/4 10YR e o cerne de cor castanho avermelhado HUE 5/4; 5/6 5YR (Munsell Soil Color Charts). Na secção transversal o alburno ocupa o 9.0% e o cerne o 91%. Brilho moderado; odor imperceptível; gosto não distintivo, grã direita a ligeiramente entrecruzada; textura média, figura na secção longitudinal: Tangencial (arcos sobrepostos), radial (ausente), causado por camadas de crescimento e linhas vasculares.

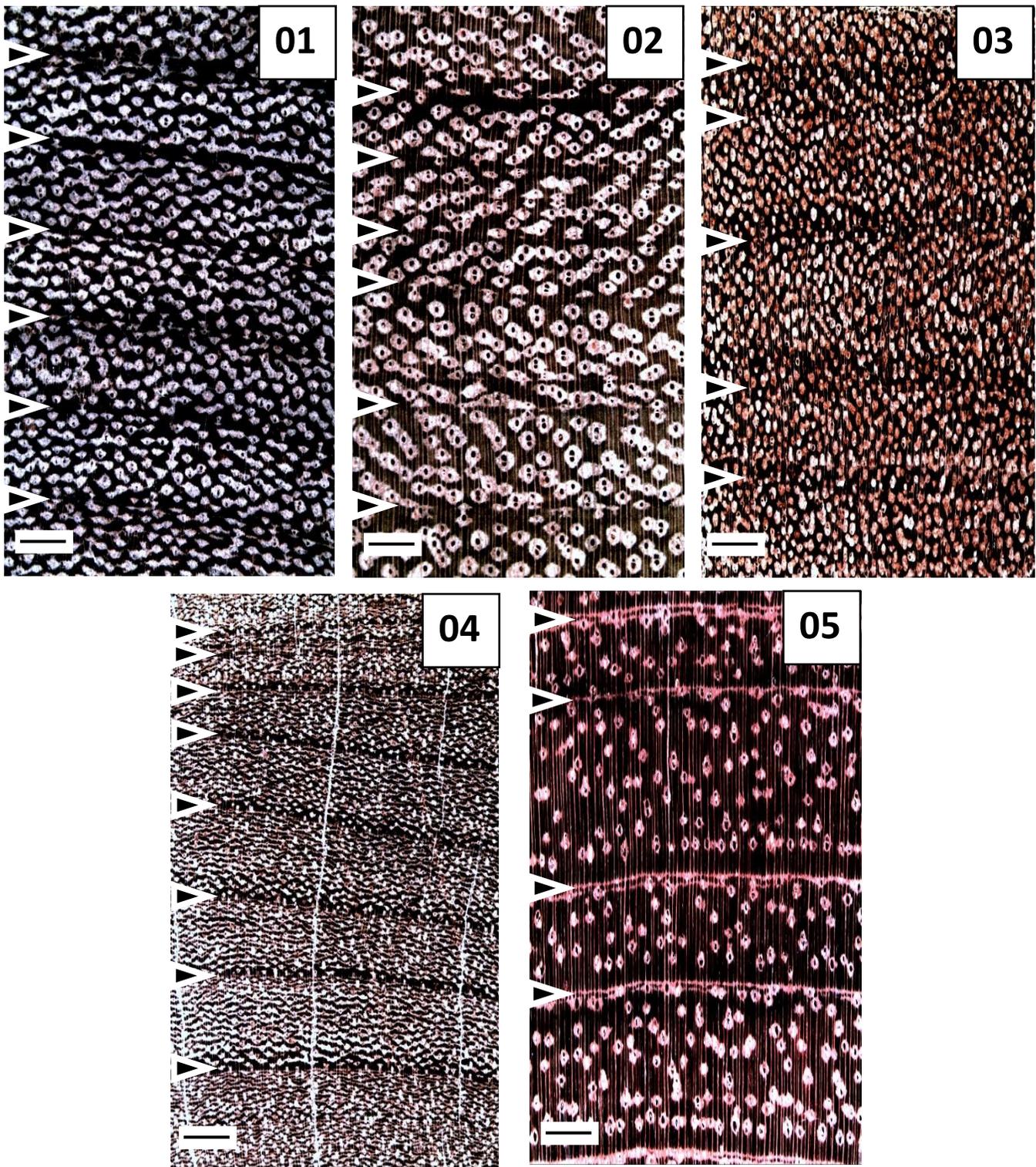
**Descrição Macroscópica:**

**Camadas de crescimento:** Visível a olho nu, demarcadas pelo parênquima marginal.

**Parênquima axial:** Visível a olho nu, em faixas marginais intercaladas com ao paratraqueal aliforme losangular e paratraqueal vasicêntrico.

**Raios:** Visível a olho nu, na secção transversal finos e numerosos, na secção tangencial não estratificados.

**Vasos:** Porosidade difusa; visíveis a olho nu; maiormente solitários e escassamente múltiplos de 2-4; eventualmente obstruídos por gomas.



**Figura 07:** Fotografias macroscópicas transversais das espécies da família Fabaceae (01 a 05). As setas nas imagens mostram a delimitação dos anéis de crescimento. Barra = 1mm.

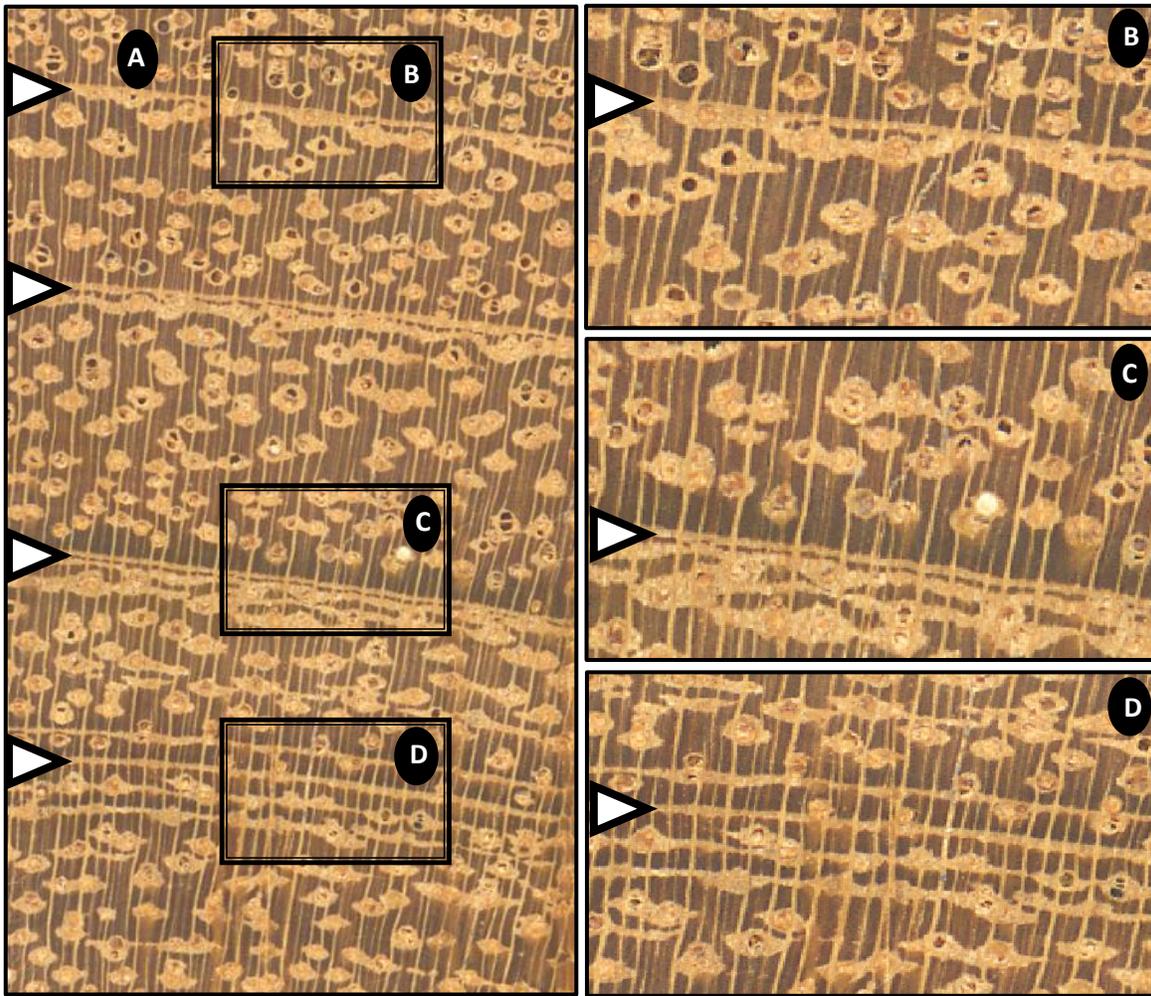
## **4.2 Caracterização dos anéis de crescimento das 5 espécies da família Fabaceae.**

Os resultados da caracterização dos anéis de crescimento das 05 espécies florestais selecionadas no presente trabalho são apresentados a seguir. Foram realizadas análises nos anéis de crescimento de maneira visual da medula para a casca, observando se tem diferenças de delimitação dos anéis de crescimento das espécies. A análise dos anéis de crescimento de cada espécie foi complementada com as figuras das fotomicrografias em estereoscópio, destacando os diferentes tipos de delimitações.

### **01 – Caracterização dos anéis de crescimento de *Hymenaea oblongifolia* Huber.**

O lenho das árvores de *Hymenaea oblongifolia* Huber, caracterizados anatomicamente em sua seção transversal, evidenciou anéis de crescimento distintos. O limite da camada de crescimento é caracterizado pela presença de parênquima marginal e escassamente por zonas fibrosas, com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes, e uma menor frequência de vasos. Em função dos anéis de crescimento falsos se observou faixas de parênquima marginal finas a muito finas descontínuas (Figura 08). A delimitação dos anéis de crescimento foi descrita por Sibille A. (1996); encontrou para *H. oblongifolia*, anéis de crescimento pouco distintos. O gênero *Hymenaea* apresenta a delimitação pelo parênquima marginal como descrito por Maselli et al. (2013); para *H. stigonocarpa* e *H. courbaril*. Huaman (2011); para *H. coubaril* em estudos de dendrocronologia.

As observações dos anéis de crescimento das árvores de *H. oblongifolia*, apresentaram variações da largura, dentro de uma mesma árvore, isto ocorreu como consequência de ter um fator limitante em seu processo de crescimento. Portanto, *H. oblongifolia*, é sensível aos fatores ambientais, tendo um potencial em estudos dendrocronológicos, já que o processo de datação cruzada é mais fácil quando maior é a variação na largura dos anéis. Fritts, 1976; Schwiengruber, 1994; Lisi et al. 2008; Tomazello Filho et al., 2001; Botosso et al., 2001; Rosero, 2009, Campos 2009.



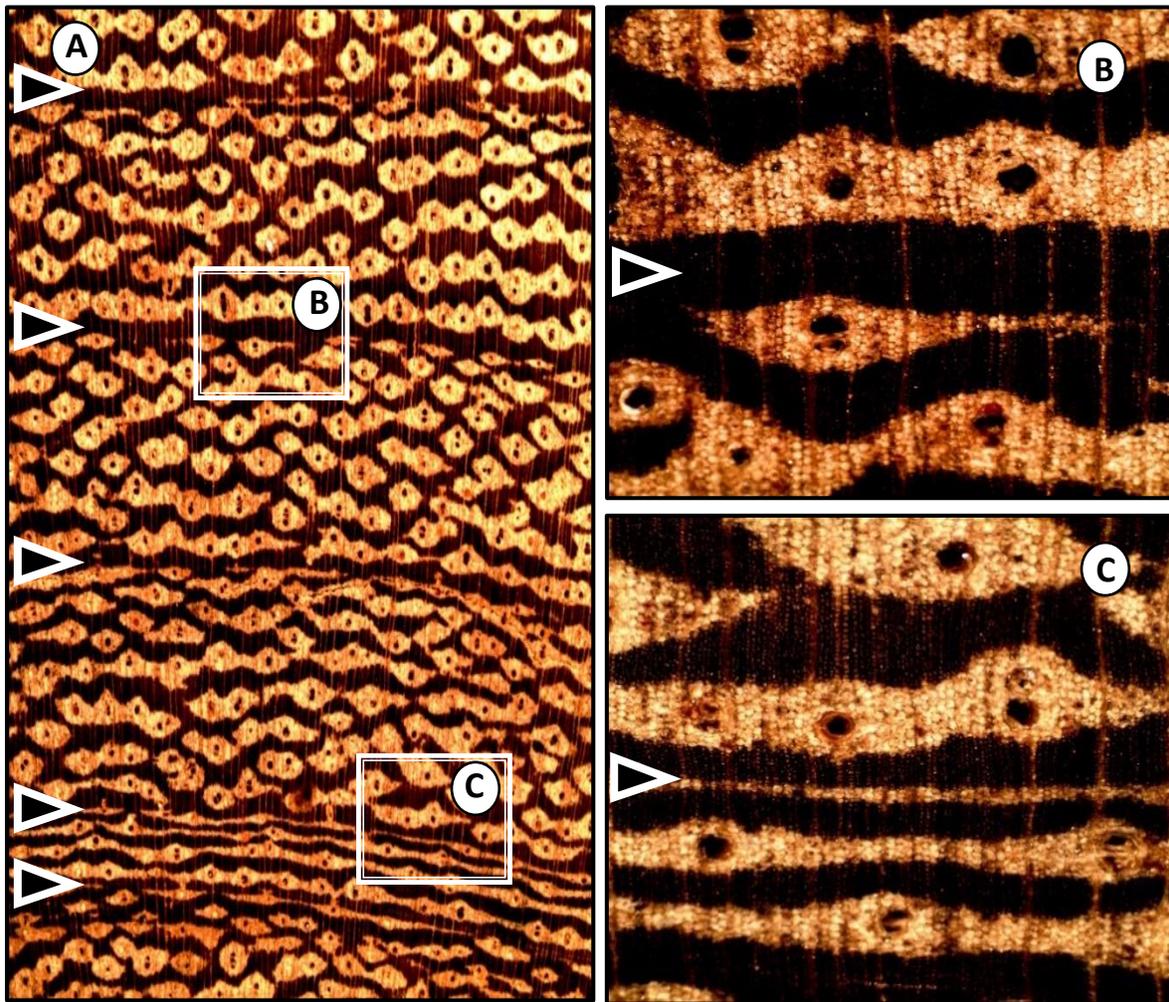
**Figura 08:** Limites de anéis de crescimento em *Hymenaea oblongifolia*. (A) A largura dos anéis variou consideravelmente na secção transversal. Enquanto muitos anéis são caracterizados por (B) Parênquima marginais, anéis também escassamente demarcadas por (C) Zonas fibrosas. Anéis de crescimentos falsos demarcadas por (D) Trechos descontínuos de parênquima marginal. Limite de anéis estão indicadas por setas.

## 02 – Caracterização dos anéis de crescimento de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith.

O lenho das árvores de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith, caracterizados anatomicamente em sua seção transversal, evidenciou anéis de crescimento distintos. O limite da camada de crescimento é caracterizado pela presença de zonas fibrosas com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes com uma menor frequência de vasos, além disso apresenta uma fina faixa de parênquima axial marginal (Figura 09). Em função dos anéis de crescimento falsos se observo faixas de parênquima marginal finas a muito finas descontínuas.

A estrutura anatômica do lenho e dos anéis de crescimento das árvores de *A. cearensis* foi descrita por: Santini L. 2013; Gutiérrez V. *et al.*, 2001, encontrando anéis não diferenciados a quase não imperceptíveis. Brienens R. & Zuidema P. 2003; Brienens R. 2005; Brienens R. & Zuidema P. 2005; Brienens R. & Zuidema P. 2006; Gutiérrez B & Valencia G. 2012 e Paredes K. *et al.*, 2015, que identificaram os anéis de crescimento delimitadas pelas zonas fibrosas e o parênquima marginal.

As observações dos anéis de crescimento das árvores de *A. cearensis*, apresentaram variações da largura dos anéis, dentro de uma mesma árvore, isto como consequência de ter um fator limitante em seu processo de crescimento. Por tanto *A. cearensis*, é sensível a os fatores ambientais tendo um potencial para estudos dendrocronológicos já que o processo de datação cruzada é mais fácil quando major é a variação na largura dos anéis. Fritts, 1976; Schwiengruber, 1994; Lisi *et al.* 2008; Tomazello Filho *et al.*, 2001; Botosso *et al.*, 2001; Rosero, 2009, Campos 2009.



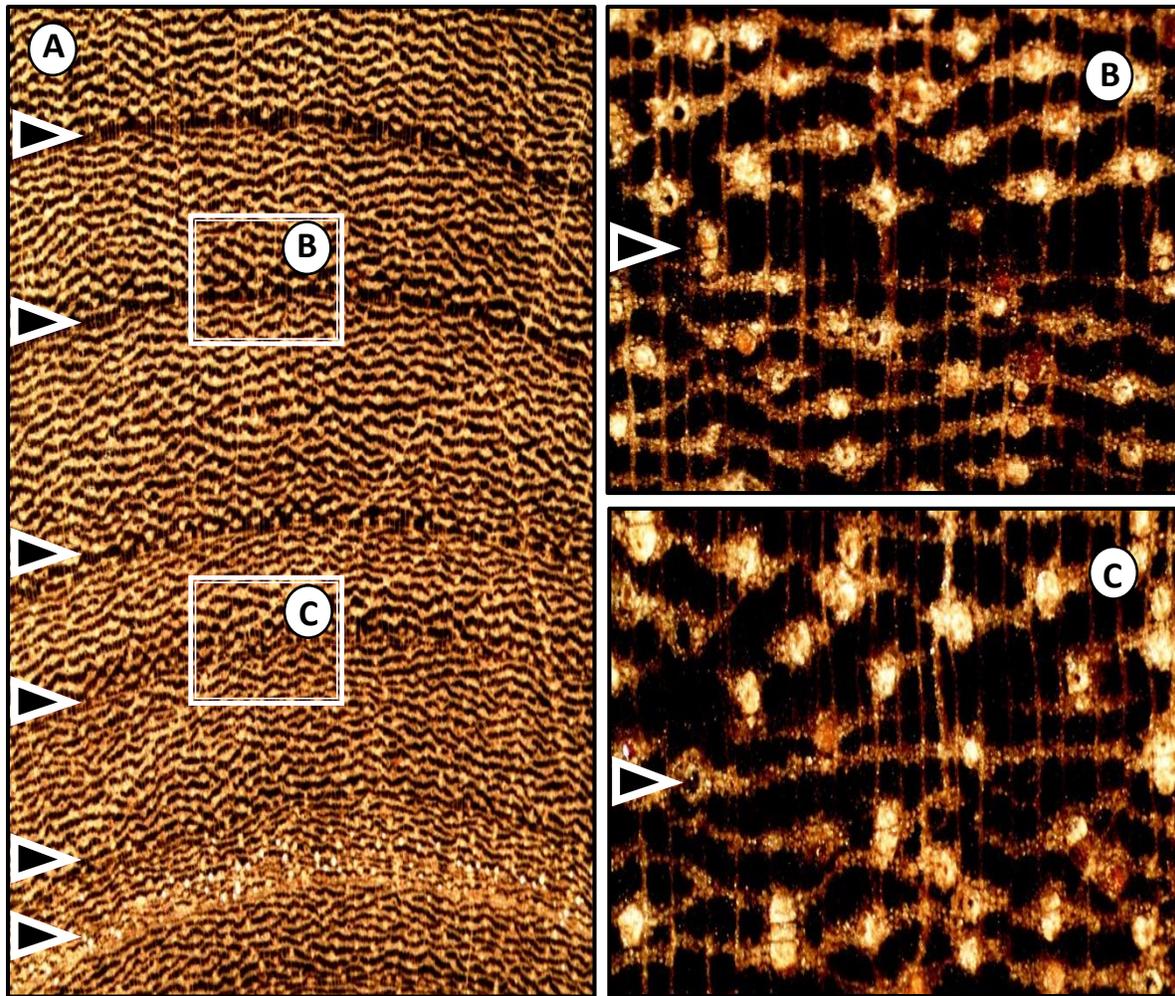
**Figura 09:** Limites de anéis de crescimento em *Amburana cearensis*. (A) A largura dos anéis variou consideravelmente na secção transversal. Enquanto muitos anéis são caracterizados por (B) zonas fibrosas, anéis também escassamente demarcadas por (C) parênquima marginais. Limite de anéis estão indicadas por setas.

### 03 – Caracterização dos anéis de crescimento de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.

O lenho das árvores de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr, caracterizados anatomicamente em sua seção transversal, evidenciou anéis de crescimento distintos. O limite da camada de crescimento é caracterizado maiormente pela presença de zonas fibrosas com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes com uma menor frequência de vasos, além disso apresenta uma fina faixa de parênquima axial marginal (Figura 10). Essa delimitação de parênquima marginal ajuda no cerne, mais no alburno ela é essencial. Em função dos anéis de crescimento falsos, que podem ser confundidos com o parênquima axial aliforme confluyente com extensão linear, mais ai deve ajudar com a delimitação das zonas fibrosas.

A estrutura anatômica do lenho e dos anéis de crescimento das árvores de *A. leiocarpa* foi descrita por: Rangel A. (2012), descreve camadas de crescimento ausentes ou indistintas, Ticiano T. 2011, Chavesta M. 2005,2015, encontraram anéis de crescimento pouco diferenciados, Gutiérrez V & Silva J. 2001, encontraram anéis de crescimento visíveis a olho nu e Santini L. 2013 encontrou camadas de crescimento distintas sob lente de 10x, demarcadas por finas linhas marginais ou zona fibrosa. Então podemos ver que se tem muitas diferenças sobre a delimitação dos anéis de crescimentos de *A. leiocarpa*, mais com a descrição feita ajuda a uma melhor caracterização dos anéis de crescimento da espécie.

As observações dos anéis de crescimento das árvores de *A. leiocarpa*, apresentaram variações da largura dos anéis, dentro de uma mesma árvore, isto como consequência de ter um fator limitante em seu processo de crescimento. Por tanto *A. leiocarpa*, é sensível a os fatores ambientais tendo um potencial para estudos dendrocronológicos já que o processo de datação cruzada é mais fácil quando major é a variação na largura dos anéis. Fritts, 1976; Schwiengruber, 1994; Lisi et al. 2008; Tomazello Filho et al., 2001; Botosso et al., 2001; Rosero, 2009, Campos 2009.



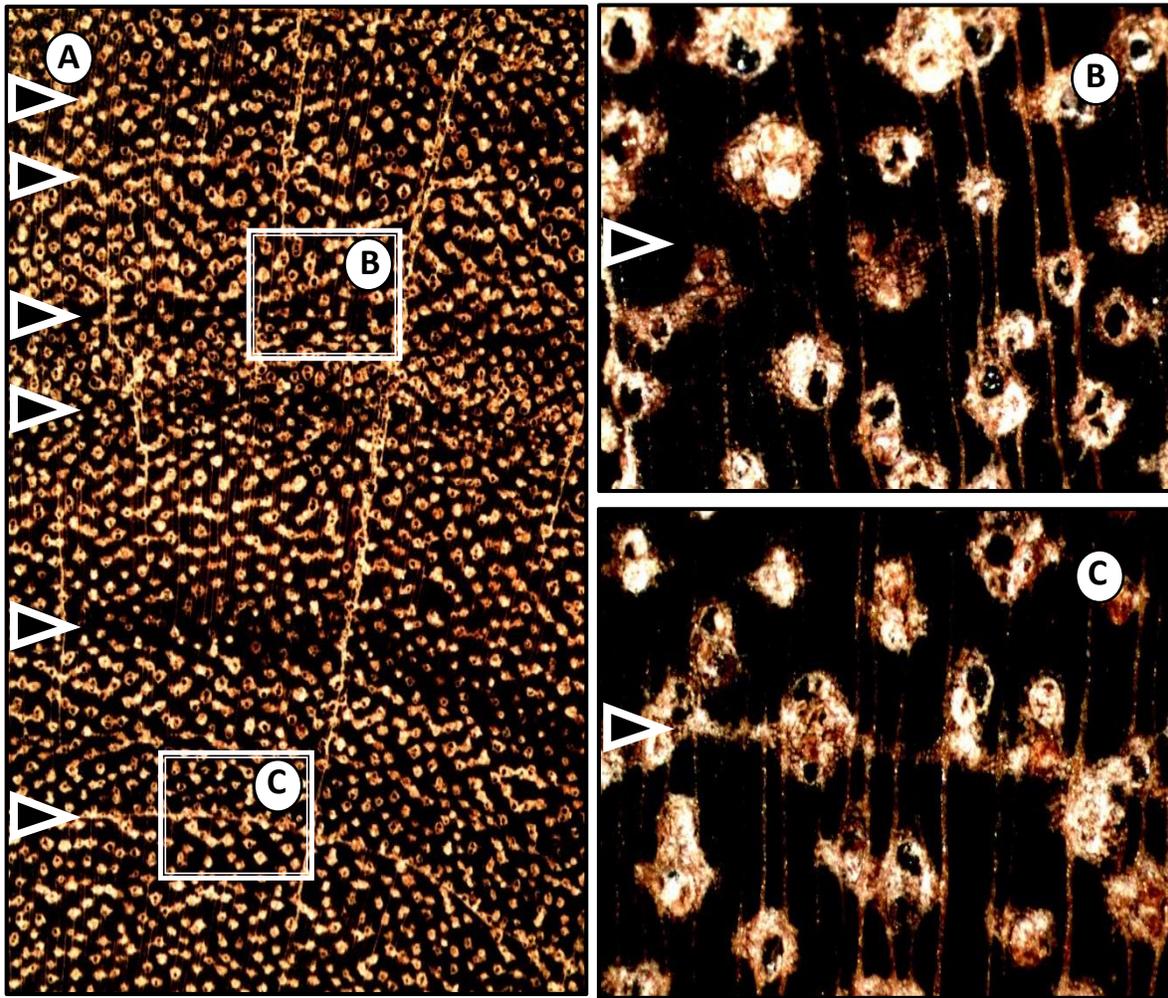
**Figura 10:** Limites de anéis de crescimento em *Apuleia leiocarpa*. (A) A largura dos anéis variou consideravelmente na secção transversal Enquanto muitos anéis são caracterizados por (B) Zonas fibrosas, anéis também escassamente demarcadas por (C) Parênquima marginais. Limite de anéis estão indicadas por setas.

#### 04 – Caracterização dos anéis de crescimento de *Myroxylon balsamum* (L.) Harms.

O lenho das árvores de *Myroxylon balsamum* (L.) Harms, caracterizados anatomicamente em sua seção transversal, evidenciou anéis de crescimento distintos. O limite da camada de crescimento é caracterizado maiormente pela presença de zonas fibrosas com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes com uma menor frequência de vasos, além disso apresenta uma fina faixa de parênquima axial marginal (Figura 11). Essa delimitação de parênquima marginal ajuda no cerne, mais no alburno ela é essencial. Em função dos anéis de crescimento falsos tanto as zonas fibrosas como a faixa de parênquima marginal não são contínuas.

A estrutura anatômica do lenho e dos anéis de crescimento das árvores de *M. balsamum* foi descrita por: Silva J. 2008 descreveu que os limites dos anéis de crescimento geralmente indistintos, Santini L. 2013 e Gutiérrez V. & Silva J. 2001, encontraram camadas de crescimento visíveis a olho nu demarcadas por faixas de parênquima marginal, Acevedo et al. 1994 e Chavesta M. 2005 encontraram anéis de crescimento diferenciados por faixas escuras e regulares. Então podemos ver que se tem muitas diferenças sobre a delimitação dos anéis de crescimentos de *M. balsamum*, mais com a descrição feita ajuda a uma melhor caracterização dos anéis de crescimento da espécie.

As observações dos anéis de crescimento das árvores de *M. balsamum*, apresentaram variações da largura dos anéis, dentro de uma mesma árvore, isto como consequência de ter um fator limitante em seu processo de crescimento. Por tanto *M. balsamum*, é sensível a os fatores ambientais tendo um potencial para estudos dendrocronológicos já que o processo de datação cruzada é mais fácil quando major é a variação na largura dos anéis. Fritts, 1976; Schwiengruber, 1994; Lisi et al. 2008; Tomazello Filho et al., 2001; Botosso et al., 2001; Rosero, 2009, Campos 2009.



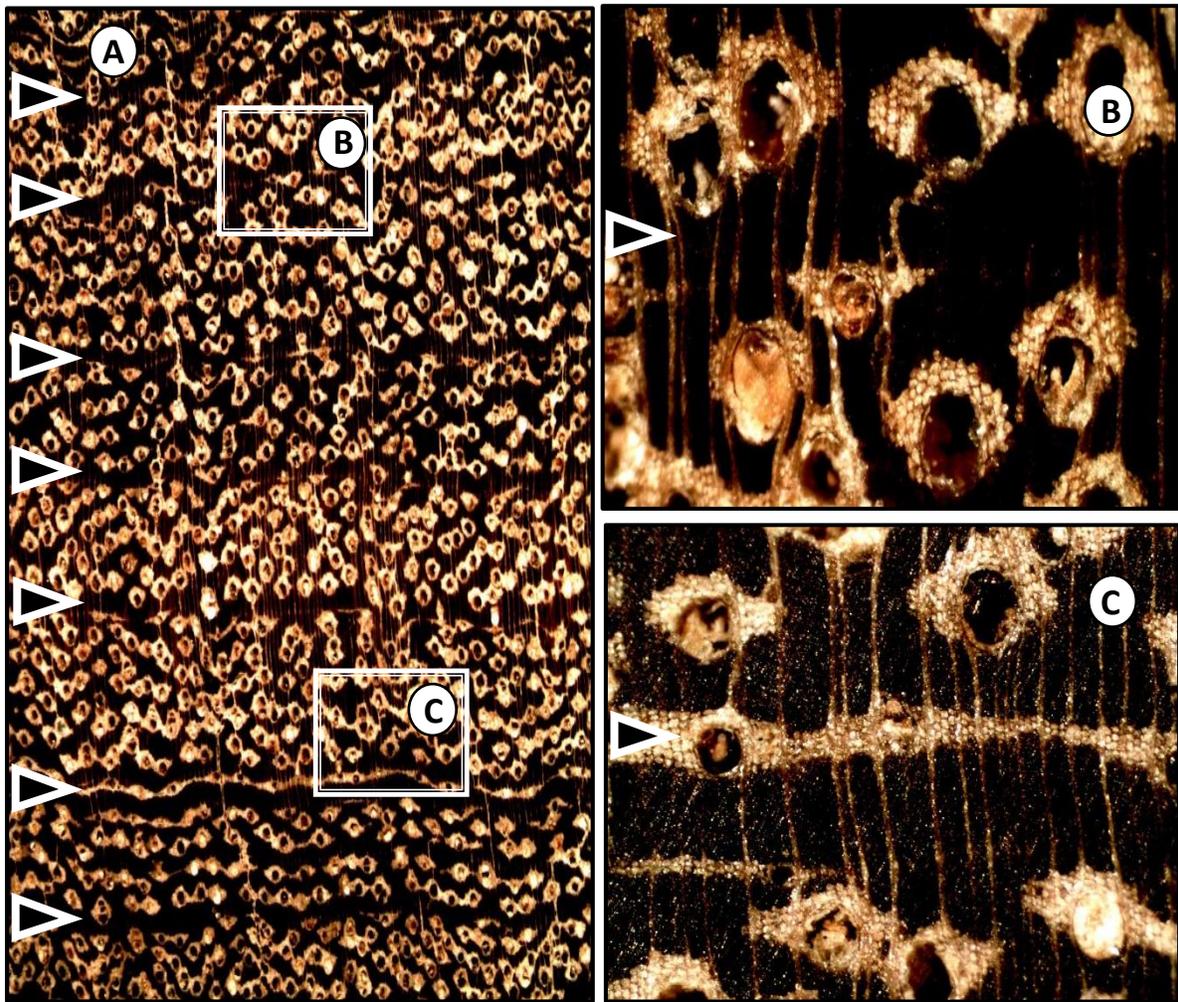
**Figura 11:** Limites de anéis de crescimento em *Myroxylon balsamum*. (A) A largura dos anéis variou consideravelmente na secção transversal. Enquanto muitos anéis são caracterizados por (B) Zonas fibrosas, anéis também escassamente demarcadas por (C) Parênquima marginais. Limite de anéis estão indicadas por setas.

## 05 – Caracterização dos anéis de crescimento de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

O lenho das árvores de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd, caracterizados anatomicamente em sua seção transversal, evidenciou anéis de crescimento distintos. O limite da camada de crescimento é caracterizado maiormente pela presença de zonas fibrosas com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes com uma menor frequência de vasos, além disso a espécie em partes o parênquima aliforme confluyente tende a formar o uma fina faixa de parênquima axial marginal, mais é escasso (Figura 12). Em função dos anéis de crescimento falsos se pode apresentar zonas fibrosas descontínuas.

A estrutura anatômica do lenho e dos anéis de crescimento das árvores de *D. odorata* foi descrita por: Silva J. 2008, Rangel A. 2012, encontraram camadas de crescimento ausentes ou indistintos, CITEmadera 2008, encontrou anéis de crescimento ligeiramente diferenciados em faixas irregulares escuras, Sibille M. 1996 e Carvalho P. 2009, descreveram os anéis de crescimento distintos, Acevedo M. 1994 e Chavesta M. 2005, encontraram anéis de crescimento diferenciados por faixas escuras e regulares, Gutiérrez V. & Silva J. 2001 e Santini L. 2013, descreveram anéis de crescimento visíveis a olho nu, demarcadas por zonas fibrosas. Então podemos ver que se tem muitas diferenças sobre a delimitação dos anéis de crescimentos de *D. odorata*, mais com a descrição feita ajuda a uma melhor caracterização dos anéis de crescimento da espécie.

As observações dos anéis de crescimento das árvores de *D. odorata*, apresentaram variações da largura dos anéis, dentro de uma mesma árvore, isto como consequência de ter um fator limitante em seu processo de crescimento. Por tanto *D. odorata*, é sensível a os fatores ambientais tendo um potencial para estudos dendrocronológicos já que o processo de datação cruzada é mais fácil quando major é a variação na largura dos anéis. Fritts, 1976; Schwiengruber, 1994; Lisi et al. 2008; Tomazello Filho et al., 2001; Botosso et al., 2001; Rosero, 2009, Campos 2009.



**Figura 12:** Limites de anéis de crescimento em *Dipteryx odorata*. (A) A largura dos anéis variou consideravelmente na secção transversal. Enquanto muitos anéis são caracterizados por (B) Zonas fibrosas, anéis também escassamente demarcadas por (C) Parênquima marginais. Limite de anéis estão indicadas por setas.

### 4.3 Descrição Microscópica do lenho

Os resultados da delimitação dos anéis de crescimento das 05 espécies da família Fabaceae mostram o bom potencial dendrocronológico das espécies de *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*. Por essa razão foram realizadas análises microscópicas das duas espécies, a fim de investigar e descrever as características anatômicas do lenho.

Sendo assim as 02 espécies florestais referenciadas pelo nome científico, família e subfamília, nome vulgar (Brasil e Peru), descrição da estrutura anatômica microscópica são apresentados na forma de fichas e fichas biométricas, A análises das madeiras das duas espécies foi complementada com as figuras das fotomicrografias em microscópio de luz e microscópio eletrônico de varredura-MEV.

**01 – Nome científico :** *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith

**Família-subfamília :** Fabaceae-Papilionoideae.

**Nome Vulgar :** Cerejeira (Brasil) e Ishpingo (Peru).

#### Descrição Microscópica:

**Elementos de Vasos:** Porosidade difusa, com cerca de 2 ( $\pm 1.03$ ) vasos/mm<sup>2</sup> classificados como muito poucos; arranjo radial; contorno circular a oval; comprimento médio de 252.1 ( $\pm 28.94$ )  $\mu\text{m}$  classificados como pequenos; diâmetro tangencial médio de 165.3 ( $\pm 34.5$ )  $\mu\text{m}$  classificados como medianos; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas, guarnecidas, contorno poligonal; pontoações raiovasculares semelhantes às intervasculares em forma e tamanho.

**Fibras:** Librifformes; não septadas; comprimento médio de 1434 ( $\pm 131.99$ )  $\mu\text{m}$  classificados como cortas; diâmetro médio de 24.2 ( $\pm 3.27$ )  $\mu\text{m}$ ; lúmen em média de 15.29 ( $\pm 3.07$ )  $\mu\text{m}$ ; espessura de parede em média de 4.5 ( $\pm 0.93$ )  $\mu\text{m}$ .

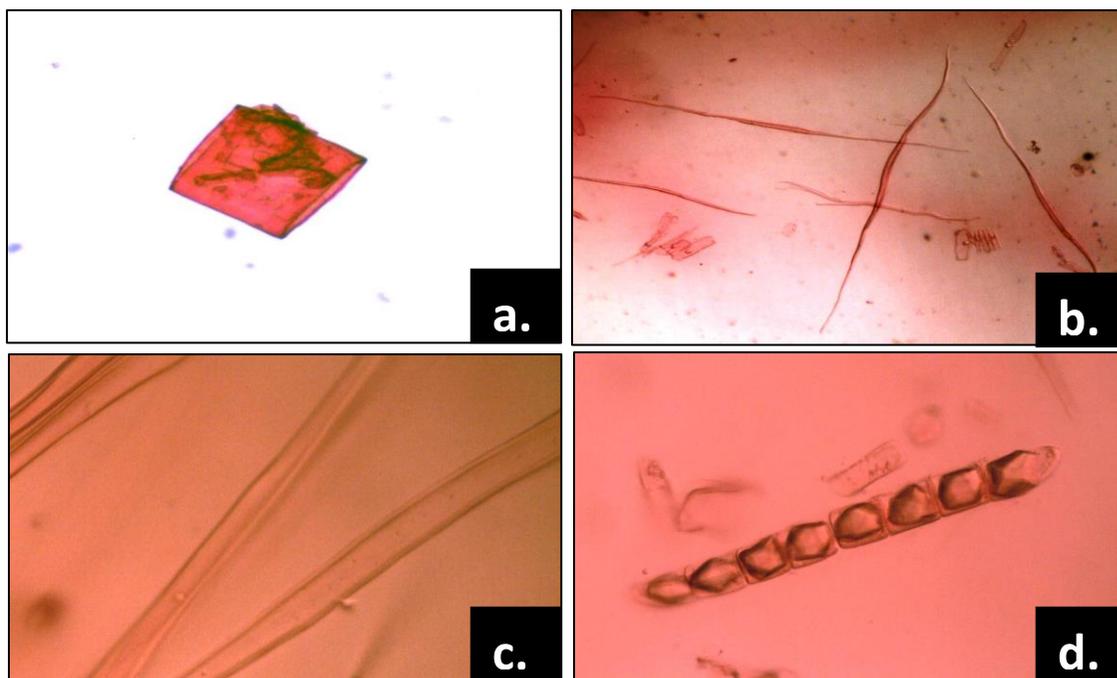
**Parênquima axial:** Paratraqueal aliforme losangular, eventualmente confluyente, não estratificado.

**Raios:** Cerca de 5 ( $\pm 0.93$ ) /mm, homocelulares, exclusivamente multisseriados, largura média de 47.7 ( $\pm 13.54$ )  $\mu\text{m}$ ; altura média de 279.9 ( $\pm 88.92$ )  $\mu\text{m}$ ; número de células de largura média de 3 ( $\pm 0.56$ ) células; número de células de altura média de 13 ( $\pm 3.68$ ) células; composto exclusivamente por células procumbentes; sem estratificação.

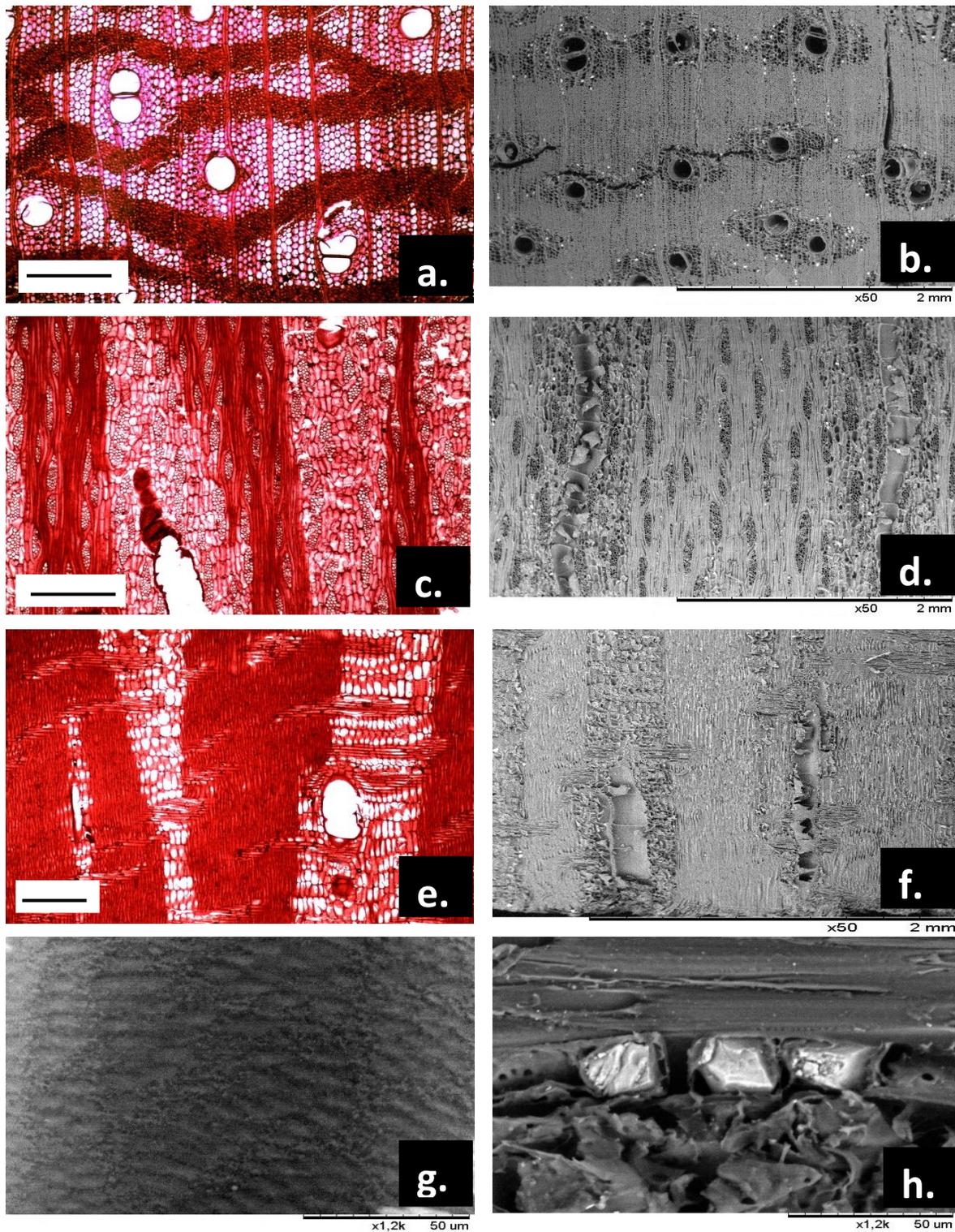
**Inclusões minerais:** Presença de cristais prismáticos nas células do parênquima axial, formando séries cristalíferas.

**Tabela 03:** Ficha Biométrica de *Amburana cearensis*

Variável	Nº de dados	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo	C.V (%)
<b>Diâmetro tangencial de vasos <math>\mu\text{m}</math></b>	125	165.3	34.50	46.84454	231.6348	21
<b>Número de vasos/<math>\text{mm}^2</math></b>	125	2.0	1.03	0	5	51
<b>Altura de raios <math>\mu\text{m}</math></b>	125	279.9	88.92	158.7563	619.9914	32
<b>Largura de raios <math>\mu\text{m}</math></b>	125	47.7	13.54	20.86042	96.30034	28
<b>Células de alto em raios</b>	125	12.7	3.68	7	31	29
<b>Células de ancho em raios</b>	125	2.9	0.56	2	4	19
<b>Número de raios/ mm</b>	125	4.6	1.17	2	7	26
<b>Diâmetro total de fibras <math>\mu\text{m}</math></b>	125	24.2	3.27	16.43668	35.74456	14
<b>Espessura de parede de fibras <math>\mu\text{m}</math></b>	125	4.5	0.93	2.76596	7.35819	21
<b>Comprimento de fibras <math>\mu\text{m}</math></b>	125	1434.0	131.99	1025.682	1743.316	9
<b>Comprimento de elementos vasculares <math>\mu\text{m}</math></b>	125	215.1	28.94	138.5191	285.4488	13



**Figura 13:** Tecido macerado de *Amburana cearensis*. (a) Elemento vascular, (b) fibra libriformes, (c) Parede das fibras e (d) Células parenquimáticas contendo cristais prismáticos – série cristalífera.



**Figura 14:** Cortes Histológicos de *Amburana cearensis* – (a) e (b) Imagens plano transversal (“a” 10x=500  $\mu\text{m}$ ). (c) e (d) plano tangencial (“c” 10x=500  $\mu\text{m}$ ). (e) e (f) plano radial (“e” 20x=200  $\mu\text{m}$ ). (g) pontoações intervasculares guarneçadas e (h) cristais prismáticos nas células do parênquima axial.

**02 – Nome científico:** *Hymenaea oblongifolia* Huber

**Família-subfamília :** Fabaceae-Caesalpinoideae.

**Nome Vulgar :** Jatobá (Brasil) e Azúcar huayo (Peru)

### **Descrição Microscópica:**

**Elementos de Vasos:** Porosidade difusa, com cerca de 2 ( $\pm 1.12$ ) vasos/mm<sup>2</sup> classificados como muito poucos; arranjo não específico; contorno circular a oval; comprimento médio de 248.5 ( $\pm 61.55$ )  $\mu\text{m}$  classificados como pequenos; diâmetro tangencial médio de 189.6 ( $\pm 48.40$ )  $\mu\text{m}$  classificados como medianos; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas, guarnecidas, contorno arredondadas; pontoações raiovasculares semelhantes às intervasculares em forma e tamanho.

**Fibras:** Libriformes; não septadas; comprimento médio de 1426.6 ( $\pm 192.79$ )  $\mu\text{m}$  classificados como cortas; diâmetro médio de 20.9 ( $\pm 2.74$ )  $\mu\text{m}$ ; lúmen em média de 10.10 ( $\pm 2.29$ )  $\mu\text{m}$ ; espessura de parede em média de 5.4 ( $\pm 0.84$ )  $\mu\text{m}$ .

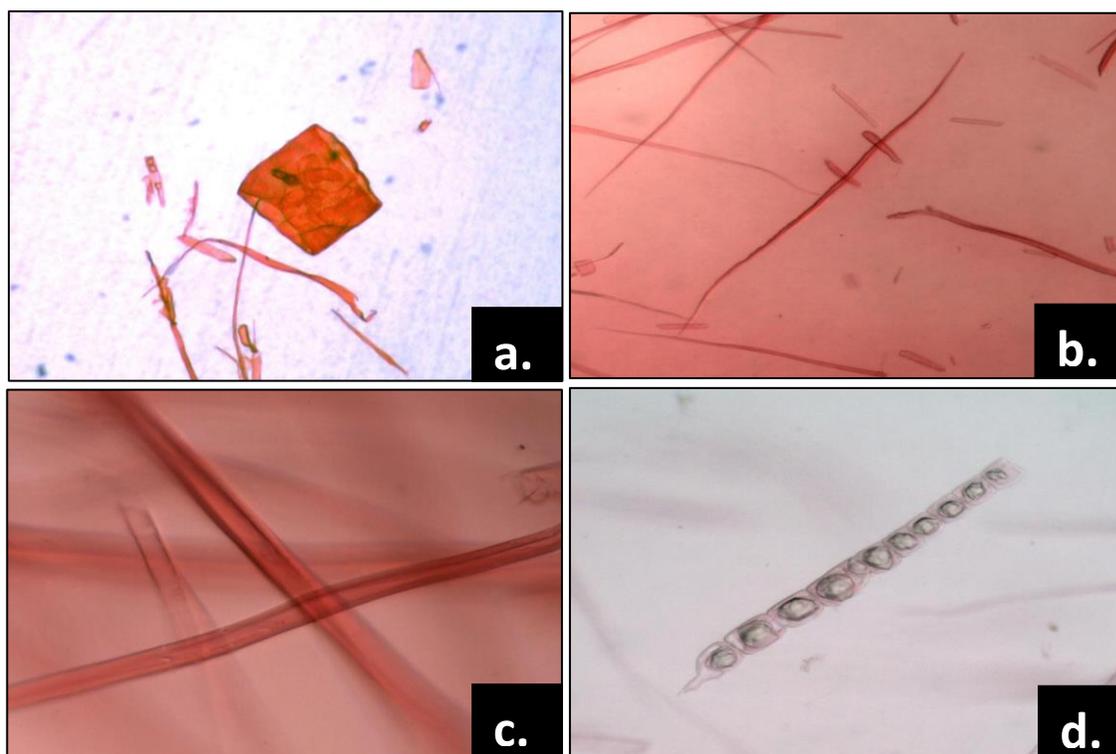
**Parênquima axial:** Em faixas marginais intercaladas com parênquima paratraqueal aliforme e paratraqueal vasicêntrico, não estratificado.

**Raios:** Cerca de 4.5 ( $\pm 1.00$ ) /mm, homocelulares, maiormente multiseriados poucos bisseriados, triseriados; largura média de 67.7 ( $\pm 16.63$ )  $\mu\text{m}$ ; altura média de 459.1 ( $\pm 165.42$ )  $\mu\text{m}$ ; número de células de largura média de 4 ( $\pm 1.44$ ) células; número de células de altura média de 23 ( $\pm 10.51$ ) células; composto exclusivamente por células procumbentes; sem estratificação.

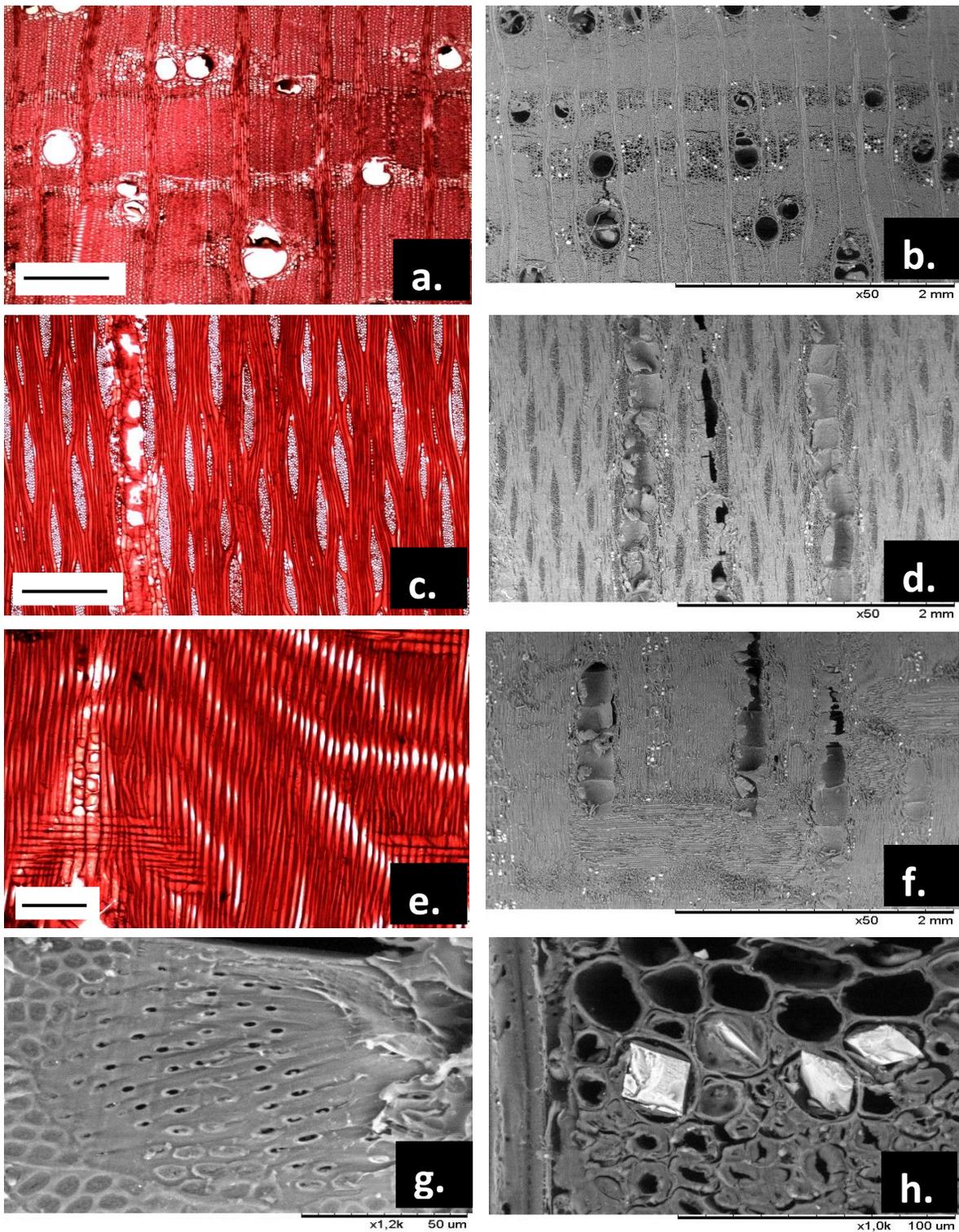
**Inclusões minerais:** Presença de cristais prismáticos nas células do parênquima axial, formando séries cristalífera.

**Tabela 04:** Ficha Biométrica de *Hymenaea oblongifolia*

Variável	Nº de dados	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo	C.V (%)
<b>Diâmetro tangencial de vasos <math>\mu m</math></b>	125	189.6	48.40	65.26972	298.3212	26
<b>Número de vasos/mm<sup>2</sup></b>	125	2.3	1.12	0	6	49
<b>Altura de raios <math>\mu m</math></b>	125	459.1	165.42	154.9411	835.5928	36
<b>Largura de raios <math>\mu m</math></b>	125	67.7	16.63	2.602474	99.4404	25
<b>Células de alto em raios</b>	125	23.1	10.51	3	52	45
<b>Células de ancho em raios</b>	125	4.1	1.44	1	7	35
<b>Número de raios/ mm</b>	125	4.5	1.00	3	9	22
<b>Diâmetro total de fibras <math>\mu m</math></b>	125	20.9	2.74	13.86267	29.78606	13
<b>Espessura de parede de fibras <math>\mu m</math></b>	125	5.4	0.84	3.0699865	7.959175	15
<b>Comprimento de fibras <math>\mu m</math></b>	125	1426.6	192.79	996.6491	2094.311	14
<b>Comprimento de elementos vasculares <math>\mu m</math></b>	125	248.5	61.55	150.6066	468.2212	25



**Figura 15:** Tecido macerado de *Hymenaea oblongifolia*. (a) Elemento vascular, (b) fibra libriformes, (c) Parede das fibras e (d) Células parenquimáticas contendo cristais prismáticos – série cristalífera.



**Figura 16:** Cortes Histológicos de *Hymenaea oblongifolia* – (a) e (b) Imagens plano transversal (“a” 10x=500  $\mu\text{m}$ ). (c) e (d) plano tangencial (“c” 10x=500  $\mu\text{m}$ ). (e) e (f) plano radial (“e” 20x=200  $\mu\text{m}$ ). (g) pontoações intervasculares guarnecidas e (h) cristais prismáticos nas células do parênquima axial.

## 5 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- 1.- A caracterização dos anéis de crescimento indica que árvores das espécies estudadas da família Fabaceae, têm grande potencial para estudos de dendrocronologia na Floresta Tropical do sudeste do Peru.
- 2.- Os limites dos anéis de crescimento das cinco espécies estudadas apresentaram dois tipos de marcação, o que contribui muito para sua demarcação no sentido medula para a casca.
- 3.- Os limites dos anéis de crescimento destas espécies são bem distintos, ao contrário do que afirmam alguns autores.
- 4.- As espécies de *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, apresentam características anatómicas e de marcação dos anéis que pode ser aplicados em estudos de dendrocronologia na Amazônia do departamento de Madre de Dios – Peru.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORCHERT, R. **Water status and development of tropical trees during seasonal drought.** *Trees Struct Funct* 8:115–125, 1994.

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. **Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forest: a test for six species using tree-ring analysis.** In: BRIENEN, R. (Comp.). *Tree rings in the tropics, a study on growth and ages of Bolivian rain forest trees.* Riberalta: PROMAB. Chap. 2, p 19-34. (Scientific Series, 10), 2005b.

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. **Relating tree growth to rainfall in Bolivian rainforests: a test for six species using tree ring analysis.** *Oecologia*, cidade, v.146: 1–12, 2005.a

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. **Anillos de crecimiento de árboles maderables em Bolivia: su potencial para el manejo de bosques y uma guia metodológica.** PROMAB / IGEMA, Informe Técnico Nº 7, Riberalta, BO.33 p, 2003.

BRIENEN, R.J.W., **Tree rings in the tropics: a study on growth and ages of Bolivian rain forest trees.** PROMAB Scientific Series 10, Riberalta, pp. 144 pp, 2005.

COMISSÃO PAN-AMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira.** São Paulo, V. 30, 19 p, 1974.

HUAMÁN, C. **Dendrocronología de árboles de azúcar huayo (*Hymenaea courbaril* L.) em la Región de Madre de Dios Tahuamanu-Perú.** (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria de la Molina, Lima. 123p, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Padronização da nomenclatura comercial brasileira das madeiras tropicais amazônicas.** Brasília, 85 p, 1991.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE. **List of microscopic feature for hardwood identification.** IAWA Bulletin, Leiden. v.10, n.3, p. 219 – 332, 1989.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique.** New York: MacGraw-Hill Book, 533 p, 1940.

LOBÃO, M. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. E *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. Ex Ducke, no estado do Acre, Brasil.** 2011.

CONSOLIDADO MADERACRE. **Plano Geral de Manejo Florestal,** 28p, 2014.

ROSERO, J. **Dendrocronología de árboles de mogno, Swietenia macrophylla King., Meliaceae, ocorrentes na Floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Perú.** Dissertação (Mestrado). Piracicaba: ESALQ/USP, BR, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 131 p, 2009.

SASS, J.E. **Botanical microtechnique.** 2nd ed. Iowa: State College Press, 228 p, 1951.

SCHIPPER, A. **“Dendrocronología del cedro Cedrela odorata L. (Meliaceae) de la amazonia sur del Perú, la región Madre de Dios”.** Tesis (Maestria), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 166 p, 2011.

WORBES, M.; JUNK, W. **How old are tropical trees? The persistence of a myth.** IAWA Journal 20:255-260, 1999.

**CAPÍTULO II. Estudos dendrocronológico de árvores da família  
Fabaceaeocorrentes na Floresta Tropical Amazônica do Peru.**

## RESUMO

A implementação do manejo florestal sustentável requer informação importante e básica sobre o crescimento, as idades, reprodução, e a sobrevivência das espécies das árvores exploradas. Esta informação obtém-se geralmente na América Latina mediante a instalação de Parcelas Permanentes de Amostragem (PPA). Porém é difícil, já que as PPA frequentemente contêm apenas alguns indivíduos das espécies exploradas e os períodos de monitoração tem uma cobertura de só uma fracção da vida útil da maioria das árvores. Neste contexto, a dendrocronologia baseada nos estudos dos anéis de crescimento das árvores é uma ferramenta importante, rápidas e práticas para determinar, a idade das árvores, a relação de comportamento das espécies com o clima, a determinação do diâmetro mínimo de corte, etc. O presente trabalho objetivou-se estudar os anéis de crescimento de árvores nativas de *Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis* e *Dipteryx odorata*, da Floresta da Amazônia Peruana, com auxílio de técnicas dendrocronológicas. Foram coletadas 43 árvores e de cada, retirado uma secção transversal na base da tora. As madeiras possuem anéis de crescimento anuais. O limite das camadas de crescimento é caracterizado pela presença de zonas fibrosas e escassamente por o parênquima marginal. As espécies *H. oblongifolia* e *A. cearensis* apresentaram uma correlação significativa de 0.32 e 0.36 respectivamente. Também as árvores de *H. oblongifolia* e *A. cearensis*, apresentaram idades variáveis de 109 a 235 e 70 a 147 anos respectivamente. As larguras dos anéis de crescimento das árvores correlacionaram positivamente com a precipitação mensal e negativamente com a temperatura máxima, as cronologias das duas espécies apresentaram respostas comuns ao fenômeno do El Niño. A madeira de Jatobá e Cerejeira, possuem potencial para estudos dendrocronológicos na Amazônia Peruana de Madre de Dios.

**Palavras - chave:** Anéis de crescimento, dendrocronologia, espécies tropicais.

## ABSTRACT

The implementation of sustainable forest management requires important and basic information on the growth, ages, reproduction, and survival of the exploited tree species. This information is generally obtained in Latin America through the installation of Permanent Sampling Plots (PPA). However, it is difficult, since PPAs often contain only a few individuals of the exploited species and the monitoring periods cover only a fraction of the life span of most trees. In this context, dendrochronology based on tree growth rings studies is an important, rapid and practical tool for determining tree age, species behavioral relationship with climate, determination of minimum cut diameter, etc. The objective of this work was to study the growth rings of *Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis* and *Dipteryx odorata*, from the Peruvian Amazon Forest using dendrochronological techniques. A total of 43 trees were collected and each section was removed at the base of the log. The woods have annual growth rings. The boundary of the growth layers is characterized by the presence of fibrous areas and scarcely by the marginal parenchyma. The species *H. oblongifolia* and *A. cearensis* had a significant correlation of 0.32 and 0.36, respectively. Also the trees of *H. oblongifolia* and *A. cearensis*, presented variable ages of 109 to 235 and 70 to 147 years respectively. The widths of the tree growth rings correlated positively with the monthly precipitation and negatively with the maximum temperature, the chronologies of the two species presented common responses to the El Niño phenomenon. The wood of Jatobá and Cerejeira, have potential for dendrochronological studies in the Peruvian Amazon of Madre de Dios.

**Keywords:** Growth rings, dendrochronology, tropical species.

# 1 INTRODUÇÃO

Madre de Dios é a região de maior biodiversidade do território peruano, e está ocupada em quase 60% de áreas protegidas e comunidades indígenas. Mais é também um dos centros de maior produção de ouro com base a uma mineração artesanal e informal, isto trouxe 50 mil hectares de floresta desmatadas nos últimos 40 anos (Valencia, 2014).

O Manejo de florestas tropicais no Peru é uma prioridade para assegurar a sustentabilidade. A este respeito em 2002 foi promulgada no Peru, a nova Lei Florestal (Lei 27.308). Nesta lei, diretrizes de manejo florestais foram reforçados, por exemplo, ciclo de corte de 20 anos, diâmetro mínimo de corte por espécie e intensidade máxima de corte permitida de 90%. Estes regulamentos foram formulados sem levar em conta nenhum dado de crescimento de espécies, porque não há muita informação disponível sobre o crescimento em diâmetro da maior parte das espécies de madeira no Peru e nos países que tem florestas tropicais.

Nesse sentido, a Lei Florestal do Peru exige que as concessionárias instalem parcelas permanentes de amostragem “PPA” para fornecer os dados necessários e para permitir o monitoramento, a fim de avaliar e melhorar as práticas de manejo florestal, no entanto medição parcelas permanentes é um método que utiliza um tempo relativamente longo e caro, se você quiser determinar as taxas de crescimento (Lieberman, and Lieberman, 1985). Procurou-se no mundo criar novas técnicas com a ajuda de outras ciências para determinar em menos tempo e de forma mais barata, as taxas de crescimento diâmetro de espécies florestais, uma das técnicas é a dendrocronologia é altamente usado na datação das árvores (Schweingruber, 1988).

A dendrocronologia é uma ferramenta importante, rápida e prática para determinar, entre outras coisas, a idade das árvores, o crescimento médio anual, a relação com o clima da região, a relação com fenômenos anômalos do clima e a determinação do diâmetro mínimo de corte (DMC) entre outras coisas; cobrindo áreas grandes de coleta e trabalhando com número significativos de árvores comerciais, além disso pode-se trabalhar de maneira destrutiva (discos) e não destrutiva (mostras com trado).

Por outro lado as espécies da família Fabaceae (*Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon Balsamum*, *Amburana cearensis* e *Dipteryx odorata*) na última década está sendo muito utilizadas principalmente para fabricação de pisos com as exportações dos países da China, Estados Unidos e México principalmente (ADEX, 2014). Precisa de pesquisas que forneçam informação que ajude ao manejo florestal sustentável do Peru.

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo determinar a Cronologia das espécies com maior potencial dendrocronológico nas Florestas naturais do Consolidado

MADERACRE, situado em uma das áreas principais de extração de Floresta de Madre de Dios, Município de Tahuamanu – Peru.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Determinar a Cronologia das espécies com maior potencial dendrocronológico nas Florestas naturais do Consolidado MADERACRE, situado em uma das áreas principais de extração de Floresta de Madre de Dios, Município de Tahuamanu – Peru.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- i. Determinar a dendrocronologia da espécie com maior potencial dendrocronológico das cinco espécies da família Fabaceae em Madre de Dios – Peru;
- ii. Determinar a estrutura dos anéis de crescimento das árvores selecionadas e a distinção dos limites dos anéis;
- iii. Determinar o potencial de crossdating das espécies selecionadas;
- iv. Determinar o incremento dos troncos das espécies selecionadas;
- v. Determinar a relação clima-crescimento;
- vi. Determinar a relação cronologia e El Niño.

### **3 MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1 Áreas de Estudo**

As amostras foram coletadas dentro da Unidade de Manejo Florestal (UMF) concedida pelo Estado Peruano como concessão florestal. Esta UMF tem certificação Forest Stewardship Council (FSC) e está localizada na região (Madre de Dios) sudeste do Peru, perto a tri-fronteira entre Brasil, Peru e Bolívia. As florestas na região são sempre verdes e se caracterizam por uma alta biodiversidade exuberante e heterogênea (Chavez A. et al., 2013). Os solos são altamente degradados pela alta temperatura e umidade, ocorrendo uma lixiviação de nutrientes pela elevada precipitação durante parte do ano. Resalta-se ainda que, são solos pobres em nutrientes e com uma fina camada orgânica presente (PZEE, 2001). O clima cálido e com precipitação abundante em todas as estações do ano, que variam num intervalo de 2000-4000 mm/ano. O regime pluvial é variável ao longo do ano, onde a temporada de menor precipitação corresponde aos meses de junho a agosto (estação seca), enquanto a temporada de maior precipitação corresponde aos meses de dezembro a março (estação úmida); a precipitação média anual é de 2000 mm/ano. A temperatura mensal varia de 24-26°C e, os valores máximos atingem um intervalo de 33-36°C nos meses de agosto a setembro (Romero et al., 1998; Walsh, 2005).

#### **3.2 As espécies do estudo, coleta de amostras e preparação**

Em julho de 2015, foram coletadas amostras de 43 indivíduos pertencentes a cinco espécies de árvores (Tabela 05). As cinco espécies pertencem a um grupo de madeiras de maior exportação na última década no Peru (ADEX, 2014). As espécies foram coletadas das árvores comerciais do Consolidado MADERACRE, obteve-se discos de 10 cm de espessura da base das árvores. Depois do disco foi cortada uma secção transversal diametral e foram retiradas duas amostras radiais de cada árvore no sentido casca-medula. As amostras de madeira foram transportadas da fronteira do Peru e Brasil para a cidade de Seropédica, Rio de Janeiro-Brasil, por terra com cerca de 4320 km. As amostras foram secas a temperatura ambiente e polidas numa sequência de lixas (60-1200 grãos/cm<sup>2</sup>) para destacar os anéis de crescimento no plano transversal do lenho.

#### **3.3 Análises de anéis de crescimento das árvores**

Investigou-se o potencial para a análise da dendrocronologia de 05 espécies arbóreas comerciais (daqui em diante chamadas “espécies selecionadas”), avaliando a presença de

limites distintos dos anéis de crescimento das árvores, realizou-se uma análise detalhada para avaliar o seu potencial de *cross-dating*,

### **3.3.1 Seleções das árvores de acordo com os anéis de crescimento**

Após da preparação da superfície, avaliou-se, tanto macroscopicamente e sob um microscópio estereoscópio (NIKON), se os anéis das árvores puderam ser identificados nas amostras. Classificou-se a estruturas anatômica dos anéis das arvores seguindo a classificação de Coster (1927), Worbes e Fichtler (2010), nos seguintes quatro tipos: (A) Variação na densidade da madeira, (B) limites marcado por uma banda de parênquima marginal, (C) padrões repetidos de fibras e parênquima em bandas, e (D) variação na distribuição e/ou tamanho dos vasos. Seguindo foi avaliado os anéis de crescimento em toda a largura das amostras para ver a continuidade dos anéis. Para todas as espécies examinadas de forma sistemática identificando possíveis problemas e foram fornecidas categorias do potencial dendrocronológico, usando as seguintes categorias: Alta (++), bom (+), possível (+-), baixa (-) e não possível (--). Este potencial baseia-se na presença e distinção dos anéis de crescimento.

### **3.3.2 Medições dos anéis de crescimento de árvores e potencial crossdating**

Mediram-se as larguras dos anéis de crescimento em imagens digitalizadas de cada árvore das espécies a uma resolução de 1200dpi em um *scanner* EPSON modelo V700. Para melhorar a visibilidade das amostras foi adicionado glicerina líquida na parte do alburno e posteriormente digitalizado.

O *crossdating* consiste em padrões de largo entre os anéis e entre os raios mensurados das mesmas árvores ou entre padrões de largura de anel de diferentes árvores, para atribuir um ano calendário para cada anel detectado (Douglass, 1941) citado por (Groenendijk, 2014). Foi realizado um crossdating da largura do anel dentro e entre as árvores, tanto visual como estatisticamente. Os dados de largura dos anéis foram processados pelo programa estatístico COFECHA (Holmes et al., 1986), para o controle e verificação da sincronização das séries entre e dentre árvores. Para as construções das cronologias foi utilizado o programa ARSTAN (MRWE Application Framework Copyright © 1997-2004), (HOLMES et al., 1986).

As cronologias obtidas foram correlacionadas com os valores mensais de temperatura e precipitação. Para tanto, foram realizadas análises de correlação de Pearson entre a cronologia produzida e a temperatura e precipitação, os dados climáticos foram obtidos da base do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP-NCAR Reanalysis); dados históricos de temperatura do ar e precipitação totais mensais de um período de 65 anos (1948-2013) (KALNAY, 1996).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 A estrutura dos anéis de crescimento das arvores e distinção dos limites dos anéis

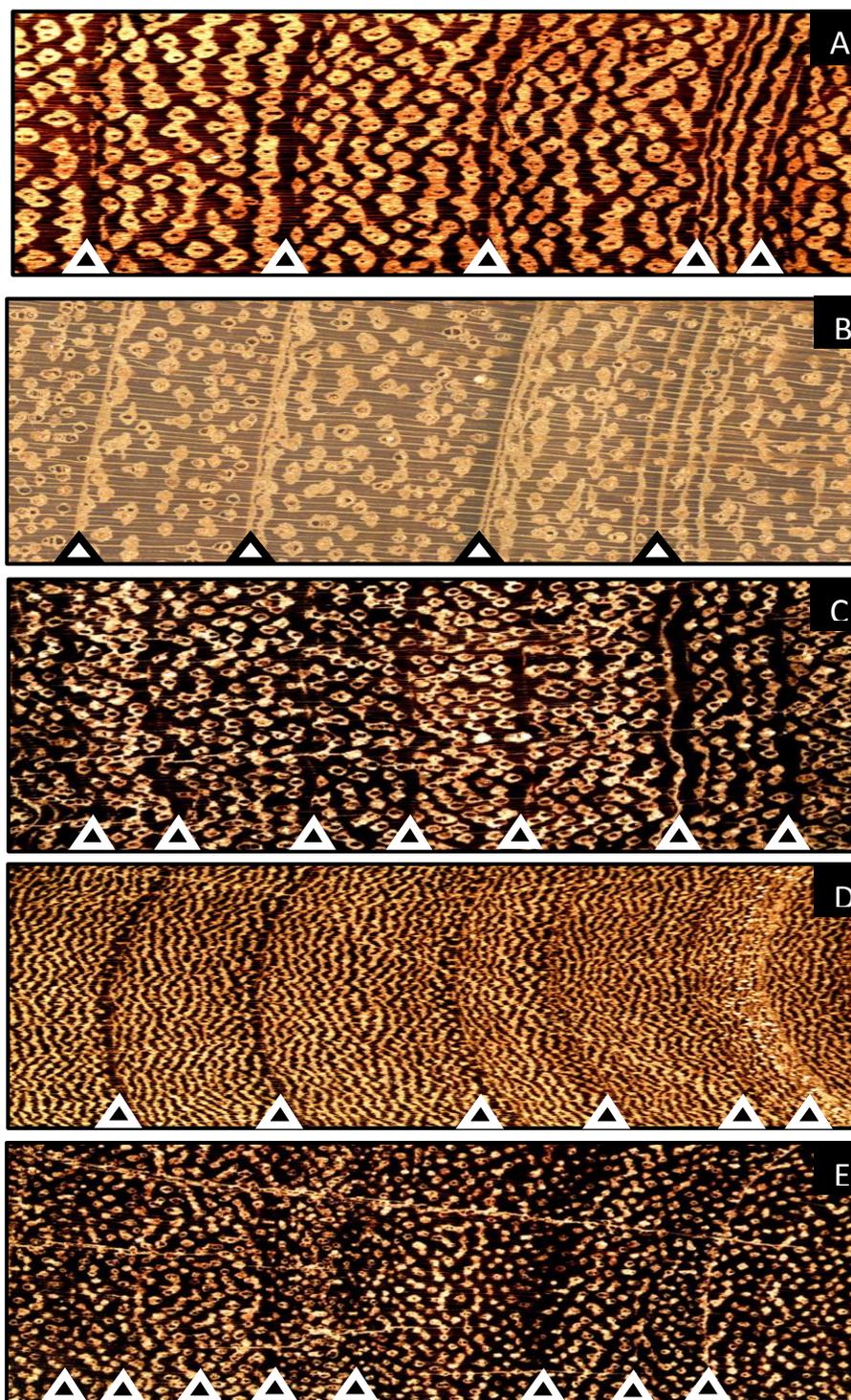
Das 05 espécies selecionadas, os limites dos anéis de crescimento das árvores mostraram que estas apresentam potencial para estudos dendrocronológicos. Dos quatro tipos de classificação da estrutura anatômica dos anéis, foi observada a combinação de dois tipos em todas as espécies selecionadas, que foram de tipo (A) Variação na densidade da madeira e (B) limites marcado por uma banda de parênquima marginal, sendo este último encontrado na maioria das espécies da família Fabaceae (Groenendijk, et al., 2014).

Os limites dos anéis das árvores de *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, evidenciaram anéis de crescimento distintos, o limite dos anéis de crescimento é caracterizado pela variação na densidade da madeira (zonas fibrosas com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes com uma menor frequência de vasos) e, além disso apresenta limites marcados por uma banda de parênquima marginal fina, esse último tipo é importante para a identificação dos anéis na parte do alborno (Figura 17: a,b).

Para os limites dos anéis de crescimento das árvores de *Dipteryx odorata* e *Apuleia leiocarpa*, os anéis são bem distintos em trechos, mais em outros eles ficam muito juntos e irregulares, dificultando sua identificação, além disso como as amostras foram obtidas na base das árvores tiveram muitas mostras influência pôr o tipo de raiz tabular, onde encontrou-se trechos muito irregulares e com variações do tipo de parênquima (Figura 17: c, d).

Para as árvores de *Myroxylon balsamum*, as amostras da espécie depois de polidas mostraram boa delimitação ao olho nu, mais num análise mais detalhado as delimitações dos anéis se puseram incertas o desapareceram em trechos muito grandes, isto possivelmente por que a madeira é escura e a maior delimitação dos anéis é pôr o tipo de variação na densidade da madeira (zonas fibrosas com achatamento radial das fibras e maior espessamento de suas paredes com uma menor frequência de vasos) onde essas zonas fibrosas pôr a variação da densidade é sempre mais escura que o cor da madeira (Figura 17: e).

Todas as espécies selecionadas foram analisadas da medula para a casca onde os limites marcados por uma banda de parênquima marginal ajudou muito na parte do alborno com melhor visualização com imagem digitalizada com glicerina.



**Figura 17:** Limites dos anéis de crescimento das cinco espécies de árvores de uma floresta tropical úmida em Peru. (A) *Amburana cearensis*, (B) *Hymenaea oblongifolia*, (C) *Dipteryx odorata*, (D) *Apuleia leiocarpa* e (E) *Myroxylon balsamum*. Os triângulos mostram os limites anuais dos anéis das árvores.

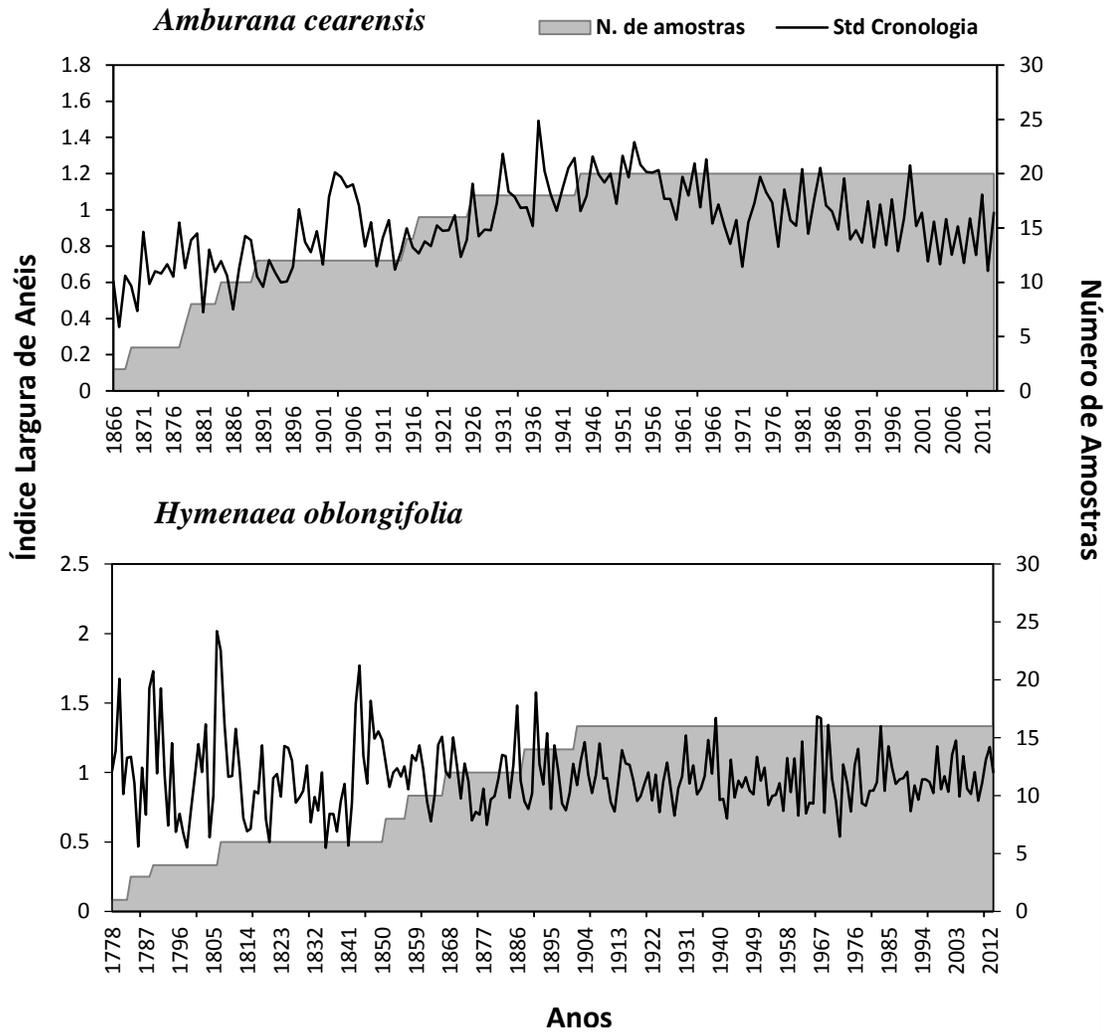
## 4.2 Potenciais de *Crossdating*

Primeiro se fez um *crossdating* dos raios de cada árvore e depois entre as árvores. Bom *crossdating* foi encontrado para duas espécies *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, os níveis de *crossdating* dentro das árvores para essas espécies, facilitou a identificação de variações de crescimento interanual. A intercorrelação das duas espécies foi de 0.36 e 0.32 respectivamente. Tendo estas duas espécies uma classificação de potencial dendrocronológico como bom (+). Para as espécies *Dipteryx odorata*, e *Apuleia leiocarpa* o *crossdating* foi bem menos sucedido dentro das árvores para essas espécies. A intercorrelação das duas espécies foi de 0.03 e 0.04 respectivamente. Tendo estas duas espécies uma classificação de potencial dendrocronológico como possível (+-), e por último a espécie *Myroxylon balsamum*, o *crossdating* não foi possível dentro das árvores, porque sua intercorrelação foi negativa de -0.06. Tendo essa espécie uma classificação de potencial dendrocronológico como não possível (--). (Tabela 05).

O *crossdating* das espécies selecionadas, pode-se encontrar um sinal de crescimento comum, para as espécies *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, e se conseguiu a construção cronológicas de 147 anos (1866-2013) e de 235 anos (1778-2013) respectivamente (Figura 18). As outras três espécies foram incapazes de construir a suas cronologias pela baixa intercorrelação.

**Tabela 05:** Informação da cronologia da largura dos anéis de crescimento das cinco espécies selecionadas.

Espécies	<i>Amburana cearensis</i>	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	<i>Apuleia leiocarpa</i>	<i>Dipteryx odorata</i>	<i>Myroxylon balsamum</i>
Nº de arvores	10	08	07	08	10
Nº de raios	20	16	14	16	20
Média de intercorrelação	0.36	0.32	0.04	0.03	-0.06
Média de sensibilidade	0.31	0.40	0.38	0.37	0.34
Cronologia (intervalo)	1866 – 2013	1778 – 2013	1759 – 2013	1781 – 2013	1888 – 2013
Idade máxima	147	235	255	233	126
Potencial Dendrocronológico	+	+	+-	+-	--



**Figura 18:** Série cronológica máster dos índices da largura dos anéis de crescimento, com o número de amostras das duas espécies com uma classificação de potencial dendrocronológico como bom (+) com o número de amostras.

### 4.3 Incrementos radiais dos troncos

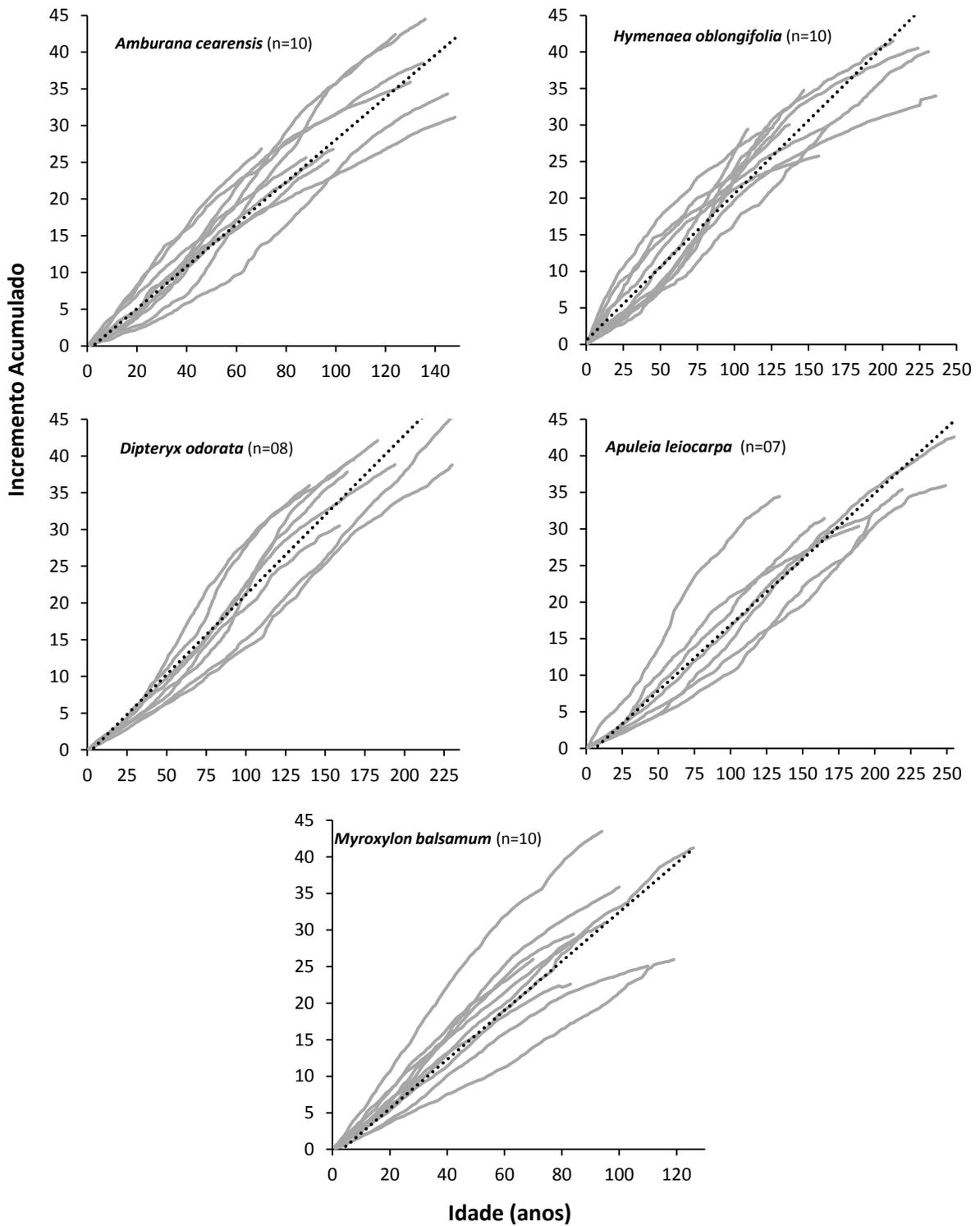
O diâmetro a altura do peito (DAP) das 10 árvores de *A. cearensis* selecionadas, variou de 0.80 a 1.07 m. O crescimento médio, mínimo e máximo em diâmetro apresentado, foi de 0.30, 0.18 e 0.42 cm/ano respectivamente. O DAP das 10 árvores de *H. oblongifolia* selecionadas, variou de 0.75 a 1.02 m. O crescimento médio, mínimo e máximo em diâmetro apresentado, foi de 0.23, 0.16 e 0.36 cm/ano respectivamente. O DAP das 08 árvores de *D. odorata* selecionadas, variou de 0.86 a 0.97 m. O crescimento médio, mínimo e máximo em diâmetro apresentado, foi de 0.20, 0.14 e 0.27 cm/ano respectivamente. O DAP das 07 árvores de *A. leiocarpa* selecionadas, variou de 0.70 a 0.91 m. O crescimento médio, mínimo e máximo em diâmetro apresentado, foi de 0.17, 0.11 e 0.30 cm/ano respectivamente. O DAP das 07 árvores de *M. balsamum* selecionadas, variou de 0.63 a 0.73 m. O crescimento médio, mínimo e máximo em diâmetro apresentado, foi de 0.35, 0.18 e 0.62 cm/ano respectivamente.

Com relação às trajetórias de crescimento, observou-se diferenças entre as espécies estudadas (Figura 19). As espécies *A. cearensis*, *H. oblongifolia* e *M. balsamum*, pode-se observar, que todas as árvores de diferentes idades apresentam um crescimento diamétrico lento nos primeiros 15 anos. E as espécies de *D. odorata* e *A. leiocarpa*, apresentaram um crescimento diamétrico ainda mais lento nos primeiros 30 anos. Os resultados mostram que as espécies selecionadas nas primeiras décadas de vida fazem inversão em altura e não em diâmetro porque são espécies de dossel superior e são heliófitas o esiófitas parciais.

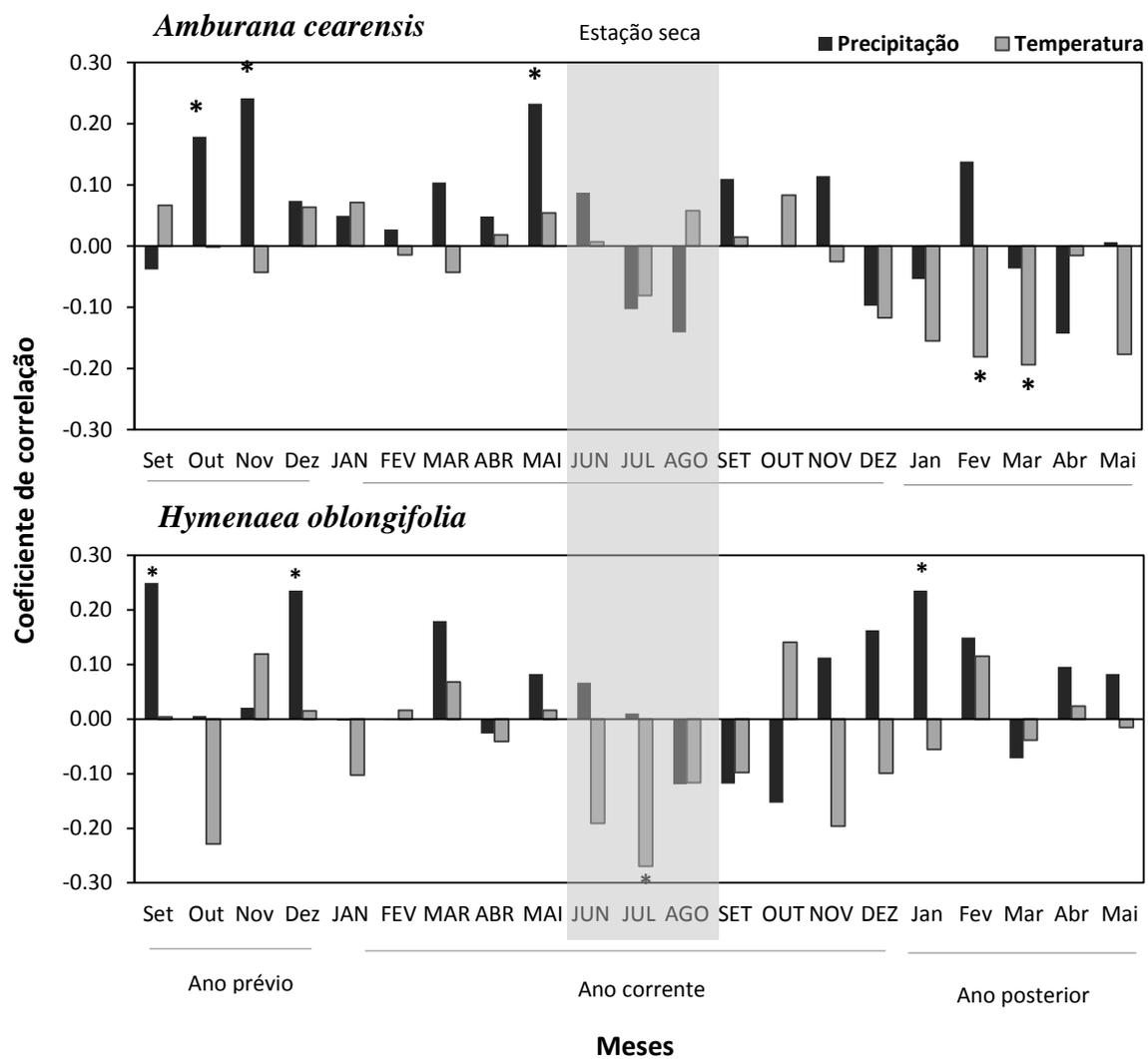
### 4.4 Relações clima-crescimento

A influência das variáveis climáticas no crescimento em diâmetro das árvores de *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, está vinculada a precipitação pluviométrica. No caso de *A. cearensis*, apresentou correlações positivas e significativas entre a cronologia e a precipitação média anual, para os meses de outubro ( $r=0,18$ ;  $p<0,05$ ) e novembro ( $r=0,24$ ;  $p<0,05$ ) do ano prévio, e maio ( $r=0,23$ ;  $p<0,05$ ) do ano corrente; no entanto, houve correlação negativa da temperatura os meses de fevereiro ( $r=-0,18$ ;  $p<0,05$ ) e março ( $r=-0,19$ ;  $p<0,05$ ) do ano posterior. (Figura 20). Para *H. oblongifolia*, apresentou correlações positivas e significativas entre a cronologia e a precipitação média anual, para os meses de setembro ( $r=0,25$ ;  $p<0,05$ ) e dezembro ( $r=0,24$ ;  $p<0,05$ ) do ano prévio, e janeiro ( $r=0,24$ ;  $p<0,05$ ) do ano posterior; no entanto, houve correlação negativa da temperatura no mês de julho ( $r=-0,27$ ;  $p<0,05$ ) do ano corrente. (Figura 20).

Este resultado revela que a precipitação pluviométrica tem uma forte influência no incremento diametral das árvores *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, desenvolvidas na região de Madre de Deus, sendo desta forma, um fator limitante ao crescimento das espécies para o local, visto que o crescimento das árvores nos meses de menor precipitação é reduzido.



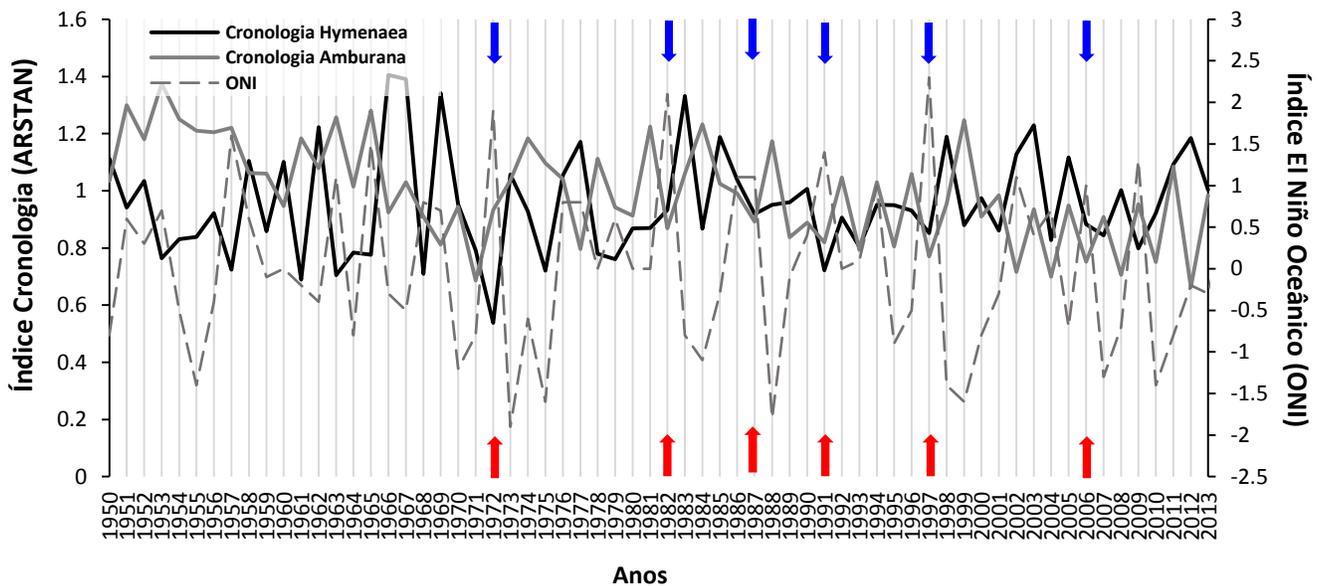
**Figura 19:** Incremento radial acumulado de cinco espécies arbóreas em uma floresta úmida tropical no sudeste do Peru. Cada linha cinza representa a trajetória de crescimento de vida de uma árvore. Linha preta mostra o padrão de crescimento médio.



**Figura 20:** Sensibilidade climatológica das cronologias de *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, com precipitação média mensal e temperatura do ar. (\*) Denota significância de 0,05.

#### 4.5 Cronologias e El Niño

Com a cronologia obtida das duas espécies *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, pode-se observar uma sequência de episódios onde houve uma diminuição considerável na largura dos anéis de crescimento de todas as árvores, principalmente, nos anos: 1972, 1982, 1987, 1991, 1997 e 2006 (Figura 21). Essa redução reflete uma baixa taxa de crescimento nestas populações e pode estar relacionada aos eventos mais severos do El Niño. O Índice de El Niño Oceânico (ONI) do trimestre (novembro, dezembro e janeiro) foi correlacionado negativamente para as duas espécies, onde *Amburana cearensis* ( $r = -0.15$ ) e *Hymenaea oblongifolia* ( $r = -0.22$ ), com as larguras dos anéis de crescimento.



**Figura 21:** Relação entre a largura dos anéis de *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, (linhas cinza e preta) e os eventos de El Niño (linha tracejada cinza), com detalhes dos anéis de crescimento mais curtos (seta vermelha) e dos eventos mais severos de El Niño (seta azul).

## 5 DISCUSSÃO

Foi avaliado o potencial dendrocronológico, analisando os anéis de crescimento de espécies da floresta tropical do sudeste do Peru. As 05 espécies selecionadas apresentaram os limites dos anéis visíveis. O caráter da formação anual dos anéis foi comprovado para duas espécies (*Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*) em função a sua intercorrelação igual ou maior que 0.32. As taxas de crescimento variam dentro das espécies selecionadas, o que implica que os diâmetros mínimos de corte atingem em diferentes idades e que as idades também variam entre as espécies.

Foi demonstrado que o clima da região de Madre de Dios no sudeste do Peru, ajuda a formação de estrutura de anéis de crescimento anuais em 02 das 05 espécies selecionadas. Onde apresentaram variações da largura dos anéis, dentro de uma mesma árvore, isto como consequência de ter um fator limitante em seu processo de crescimento. Por tanto *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, são sensíveis aos fatores ambientais demonstrando seu potencial dendrocronológico neste estudo, já que o processo de crossdating é mais fácil quando maior é a variação da largura dos anéis. (Fritts, 1976; Schwiengruber, 1994; Lisi et al. 2008; Tomazello Filho et al., 2001; Botosso et al., 2001).

Os anéis de crescimento de *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, são anuais por quatro linhas de evidência que envolvem a fenologia (caducifólias), a anatomia do anel, a datação cruzada e a correlação entre os anéis das duas espécies e os dados climáticos sazonais. (Stahle et al., 1999)

Não foi possível realizar o crossdating de três espécies selecionadas (*Dipteryx odorata*, *Apuleia leiocarpa* e *Myroxylon balsamum*), uma razão para isso foi o número de amostras (árvores) e além disso, que as amostras foram obtidas uma seção transversal oposta (norte – sul), tendo isso maior dificuldade de crossdating. É muito melhor trabalhar com discos, para poder ver as identificar os anéis falsos, escolher o raio onde se vai a fazer a mensuração e poder ter pelo menos quatro raios para a mensuração. (Brienen e Zuidema, 2005, 2006; Paredes, et al., 2015). Além disso é possível para sair das dificuldades dos tipos de raiz, pode se obter os discos ao final da primeira tora e não na base dela.

Por outra parte para as três espécies pode-se realizar a densitometria de raios x, passo prévio a mensuração dos anéis para ter uma ajuda na delimitação dos anéis de crescimento nas zonas onde é muito difícil seu limite. (Moya e Tomazello, 2009; Tomazello, et al., 2008).

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados do presente capítulo, permitem concluir que:

1.- A delimitação dos anéis de crescimento de *H. oblongifolia* e *A. cearensis*, apresenta potencial para estudos dendrocronológicos na Amazônia Peruana, devido à existência de correlações significativas da largura dos anéis de crescimento e sensibilidade do câmbio vascular, a um fator climático comum no crescimento das espécies.

2.- As análises dendrocronológicos demonstraram que as árvores de *H. oblongifolia*, apresentam idades variando de 109 a 235 anos.

3.- As análises dendrocronológicos demonstraram que as árvores de *A. cearensis*, apresentam idades variando de 70 a 147 anos.

4.- A precipitação tem efeito determinante no crescimento das árvores de *H. oblongifolia* e *A. cearensis*, sendo o principal fator que atua no crescimento das espécies, onde período de menores índices pluviométricos, causam uma diminuição da atividade cambial das árvores.

5.- As espécies de *H. oblongifolia* e *A. cearensis*, apresentam um potencial para reconstrução climática (precipitação e a temperatura) na região de Madre de Dios.

6.- As cronologias das espécies *H. oblongifolia* e *A. cearensis*, apresentaram respostas comuns ao fenômeno do El Niño.

7.- As trajetórias de crescimento e as taxas de crescimento não são semelhantes entre as árvores de cada espécie estudada da família Fabaceae, apesar das mesmas condições da floresta nativa.

8.- A heterogeneidade de incrementos dentro de árvores da mesma espécie sugere a influência de fatores endógenos no crescimento das árvores da família Fabaceae.

9.- As árvores mais velhas de *H. oblongifolia*, geminaram 43 anos antes da independência do Peru e 44 anos antes da independência do Brasil.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEX. **Boletín informativo**, elaborado por la Gerencia de Servicios e Industrias Extractivas. 12 p, 2014.

BOLFOR. **Informe final de consultoria Silvicultura de bosque Humedo tropical**, Documento Técnico 52 /1997.22p, 1997.

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. **Relating tree growth to rainfall in Bolivian rainforests: a test for six species using tree ring analysis**. *Oecologia*, cidade, v.146: 1–12, 2005.

CHAVEZ, A.; DÍAZ, J.; FERNANDEZ, R.; HUAMANI, L.; MORENO, R. **Comparación de Áreas deforestadas a través de varias metodologías em la Provincia de Tahuamanu, Madre de Dios, Perú**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoramento Remoto – SBSR, Foz do Iguacu, PR, Brasil. INPE. 3880-3887p, 2013.

CONDIT, R., HUBBEL, S.P., FOSTER, R.B. **Mortality-rates of 205 neotropical tree and shrub species and the 91inâmica91 a severe drought**. *Ecol. Monogr.* 65,419–439, 1995B.

COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L. **Methods of dendrochronology: application on the environmental sciences**. Dordrecht: Kluwer Academic. 394 p, 1989.

FRITTS, H. **Tree Rings and Climate**. New York. Academic Press. 567 p. London. 1976.

HOLMES, R. **Dendrochronology: program manual**. Tucson: Laboratory of Tree-Ring Research. 40 p, 1994.

HOLMES, R.L.; ADAMS, R.K.; FRITTS, H.C. **Quality e crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA**. In: \_\_\_\_\_. *Tree-ring chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Tucson: Arizona University. 15-35 p, 1986.

LANDIS, R.M., PEART, D.R. **Early performance predicts canopy attainment across life histories in subalpine forest trees**. *Ecology* 86, 63–72, 2005.

LIEBERMAN, M. AND LIEBERMAN, D. **Simulation of growth curves from periodic e data**. *Ecology* vol.66,pp.632-635, 1985.

MANOKARAN, N., KOCHUMMEN, K.M. **Recruitment, growth and mortality of tree species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia**. *J. Trop. Ecol.* 3, 315–330, 1987.

CONSOLIDADO MADERACRE. **Plano Geral de Manejo Florestal**, 28p, 2014.

POORTER, L., BOOT, R., HAYASHIDA-OLIVER, Y., LEIGUE, J., PENA-CLAROS, M., AND ZUIDEMA, P. A. **Estructura de em bosque húmedo tropical em el norte de la Amazonía boliviana**. PROMAB, Informe Técnico N.2, Riberalta, Bolivia.35p, 2001.

PZEE – **Propuesta de Zonificació Ecológica Económica, com base para el Ordenamento Territorial de Madre de Dios**. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú, 153p, 2001.

RIBEIRO, A. **Modelagem não linear do crescimento e da produção de plantações florestais**. Tese do doutorado. Lavras, Minas Gerais, Brasil.96 p, 2010.

ROMERO, Lidia et al. **Geología de los cuadrángulos de Río Acre 22-v, Iñapari 22-x, Qda. Mala 23-v, Iberia 23-x, San Lorenzo 23-y, Puerto Lidia 24-v, Río Manuripe 24-x, Mavila 24-y, Santa María 24-z, Valencia 25-z, Palma Real 26-z y Río Heath 27-z**. Hojas: SC 19-10, SC 19-14, SC 19-15, SD 19-3 y SD 19-7. Lima: INGEMMET. 1998.

SCHWEINGRUBER, F. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology**. Dordrecht: D. Reidel. 276 p, 1988.

SWAINE, M.D., HALL, J.B., ALEXANDER, I.J. **Tree population dynamics at Kade Ghana (1968–1982)**. J. Trop. Ecol. 3, 331–345, 1987a.

SWAINE, M.D., HALL, J.B., PUTZ, F.E. **The dynamics of tree populations in tropical forest: a review**. J. Trop. Ecol. 3, 359–367. 1987b.

VALENCIA L. **Madre de Dios ¿Podemos evitar la tragédia?** Políticas de Ordenamiento de la Minería Aurífera. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. ISBN: 978-9972-792-88-5. Lima, Perú, 200p, 2014.

WALSH. **Estudio de factibilidad de la interconexión vial Iñapari – Puerto Marítimo del Sur – Tramo III (Etapa I)**. Lima: Walsh-Perú Ingenieros y científicos consultores, 215p, 2005.

**CAPÍTULO III. Modelagem do crescimento de duas espécies da família Fabaceae no sudeste do Peru.**

## RESUMO

Nesta pesquisa a informação obtida a partir da dendrocronologia das espécies *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia* no sudeste da Floresta Amazônica Tropical do Peru, foi utilizada para fornecer a modelagem de crescimento. Nesta análise foram utilizados dez indivíduos por espécie. A mensuração da largura dos anéis de crescimento proporcionou dados precisos, com os quais se determinou os modelos de crescimento, a idade mínima de corte, a idade técnica de corte e identificar as árvores de futura colheita por ciclo de corte de 20 anos no Consolidado MADERACRE. Estes resultados foram comparados com os diâmetros mínimos de corte estabelecido pela Legislação Florestal e de Fauna Silvestre do Peru e pelo Consolidado MADERACRE. Estes estudos são importantes nas florestas tropicais por que da uma informação real do crescimento das espécies ao longo da vida das árvores e não uma pequena informação de alguns anos como fornece as Parcelas Permanentes de Amostragem.

**Palavras - chave:** Crescimento radial do tronco, incremento corrente anual, incremento médio anual.

## ABSTRACT

In this research the information obtained from the dendrochronology of the species *Amburana cearensis* and *Hymenaea oblongifolia* in the southeast of the Tropical Amazonian Forest of Peru was used to provide growth modeling. In this analysis ten individuals were used per species. The growth rings width measurement provided precise data, which determined the growth models, the minimum age of cut, the age of cut and identify the trees of future harvest per cut cycle of 20 years in the Consolidated MADERACRE. These results were compared with the minimum cutting diameters established by the Forestry and Wildlife Law of Peru and the Consolidated MADERACRE. These studies are important in the rainforests because they provide real information on species growth over the life of the trees and not a little information for a few years as it provides the Permanent Sampling Plots.

**Keywords:** Radial trunk growth, annual increment, average annual increment.

## 1 INTRODUÇÃO

Para realizar o Manejo Florestal Sustentável, nas Florestas Tropicais, requiere-se uma serie de informações básicas sobre o crescimento, as idades, a reprodução, fenologia, etc. Além disso é necessário estabelecer o diâmetro mínimo de corte “DMC” das espécies comerciais em função a pesquisas, porque o conhecimento é muito escasso e a informação e sua aplicação são fundamentais para o Manejo Florestal Sustentável. Assim determinar ciclos de corte em florestal nativas, acorde a realidade das espécies comerciais e sua habita. Esses temas adquirem maior importância devido à forte demanda das espécies tropicais no mercado internacional, porque é extraído sem quaisquer bases técnicas, comprometendo estas espécies.

Além disso a Lei Florestal Peruana exige que as concessões florestais tenham a obrigação de instalar parcelas permanentes de amostragem (PPA) para fornecer os dados necessários e para permitir o monitoramento, a fim de avaliar e melhorar as práticas de manejo florestal, no entanto a medição das PPA é um método relativamente demorado se você quiser determinar as taxas de crescimento além de serem muito caras, os indivíduos muitas vezes têm poucas espécies comerciais e os períodos de supervisão cobrem apenas um fragmento da vida da maioria das árvores tropicais e a área de monitoramento é de poucas hectares.

O Instituto Nacional de Recursos Naturais – INRENA, através da Resolução Jefatural N° 458-2002-INRENA, define a nível nacionais os diâmetros mínimos de corte (DMC) para as espécies florestais do Peru; mais que não foram estabelecidos baseado em pesquisa ou tecnicamente para garantir o uso sustentável das espécies, mas que tenham se foram determinadas sem conhecer o crescimento anual em diâmetro de espécies tropicais nativas do Peru.

Neste contexto a dendrocronologia é uma ferramenta importante, rápida e prática para determinar, entre outras coisas, a idade das árvores, o crescimento médio anual, a relação com o clima da região, a relação com fenômenos anômalos do clima e a determinação do diâmetro mínimo de corte (DMC) entre outras coisas; cobrindo áreas grandes de coleta e trabalhando com número significativos de árvores comerciais, além disso pode-se trabalhar de maneira destrutiva (discos) e não destrutiva (mostras com trado). Agora não é que as PPA não sejam importantes, são importantes mais para aspectos de fenologia e outras informações que complementem a estudos de dendrocronologia, conjuntamente como outros métodos como as técnicas de modelagem de crescimento, que pode ser aplicado no entendimento da dinâmica das florestas tropicais nativas e ajudar ao manejo florestal sustentável.

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo estabelecer o ciclo de corte das espécies *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, em base á diâmetro mínimo de corte utilizando a curva de crescimento.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo Geral

Estabelecer o ciclo de corte das espécies *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, em base á diâmetro mínimo de corte utilizando a curva de crescimento.

### 2.2 Objetivos Específicos

- i. Determinar os modelos de crescimento de duas espécies da família fabaceae.
- ii. Determinar a idade mínima de corte para as espécies selecionadas.
- iii. Determinar a idade técnica de corte para as duas espécies selesscionadas.
- iv. Identificar as árvores de futura colheita por ciclo de corte.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Coleta do material

Para as o estudo foi aproveitado as mesmas amostras utilizadas no estudo dendrocronológico, utilizando então 10 árvores de *Amburana cearensis* e 10 árvores de *Hymenaea oblongifolia*, se utilizo só essas espécies porque apresentaram boa intercorrelação.

### 3.2 Crescimento radial do tronco

Para esta avaliação foi usado 18 árvores, onde se procedeu o estudo de crescimento em diâmetro do tronco das árvores selecionadas, a partir das variáveis: a) Incremento corrente anual em diâmetro (ICAD), b) Incremento diametral acumulado (IDA) e c) Incremento médio anual em diâmetro (IMAD).

O incremento corrente anual em diâmetro (ICAD) no ano “n” obteve-se multiplicando por 2 o valor da largura do anel no ano “n”, foi utilizada a expressão seguinte:

$$ICAD_n = 2r_n$$

Em que:

$ICAD_n$ : Incremento corrente anual em diâmetro á ano n.  
 $r_n$ ; Valor da largura do anel no ano n.

Incremento diametral acumulado (IDA) foi obtido pela soma dos valores das larguras dos anéis de crescimento de cada série.

$$IDA_n = \sum_1^n ICAD$$

Em que:

$IDA_n$ : Incremento em diâmetro acumulado até o ano n.  
 $\sum_1^n ICAD$ : Somatório do ICAD desde o ano 1 até o ano n.

O incremento meio anual em diâmetro (IMAD) foi obtido dividendo o incremento em diâmetro acumulado pelo número de anos transcorrido:

$$IMAD_n = \frac{IDA_n}{n}$$

Em que:

$IMAD_n$  : Incremento médio anual em diâmetro no ano n.

$IDA_n$ : Incremento diâmetro acumulado até o ano n.

n: Ano transcorrido ou idade da árvore.

Como as taxas de crescimento entre os raios de um mesmo árvore é muito distinto foi usada uma média aritmética para se estabelecer a taxa de crescimento das amostras e por conseguinte das árvores de maneira individual.

### 3.3 Modelo de crescimento, idade técnica de corte e idade mínima de corte.

Para descrever o crescimento de todo as árvores muestreados em função a idade foi selecionado um modelo de crescimento proposto por Schumacher (1982), para isto foi testado cinco modelos adaptados ao crescimento acumulado de produção em diâmetro proposto por Schumacher, as variáveis utilizadas foram o incremento corrente anual em diâmetro ICAD, o incremento diametral acumulado IDA e a idade da árvore.

A análise estatística dos modelos, como também a estatística descritiva foi elaborado com o software estatístico “R.”(3.1.2).

Os modelos ensaiados são o seguinte:

**Modelo 1:**

$$cac_d = e^{a+b(1/i)} \cdot \partial$$

**Modelo 2:**

$$cac_d = e^{a+b \cdot i^{-c}} \cdot \partial$$

**Modelo 3:**

$$cac_d = a \cdot b^{(1/i)} \cdot \partial$$

**Modelo 4:**

$$cac_d = a \cdot b^i \cdot \partial$$

**Modelo 5:**

$$cac_d = a \cdot i^b \cdot \partial$$

Em que:

$cac_d$ : Crescimento acumulado em diâmetro.

$a, b, c$ : Coeficiente do modelo.

$i$  : Idade das árvores.

$\hat{\delta}$  : Erro aleatório.

Os critérios de seleção do modelo de crescimento foram os seguintes:

### Estimativa do erro de padrão residual

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}}$$

Em que:

$S_{yx}$ : Erro standard residual.

$\hat{y}$  : Valor estimado pelo padrão.

$Y$  : Valor observado.

$N$  : Número de observações.

$P$ : Número de parâmetros; quanto menor é o valor, melhor foi o modelo analisado.

### O critério de informação de Akaike (AIC)

$$AIC = - 2 \ln(mv) + 2p$$

Em que:

$Mv$  : Valor máximo de verosimilitud.

$P$  : Número de parâmetros do modelo.

Quanto menor é o valor AIC, melhor foi o modelo analisado.

### Coefficiente de variação.

$$CV = 100(S_{xy})/\bar{y}$$

Em que:

CV : Coeficiente de variação.

$S_{xy}$  : Erro ou padrão residual.

$\bar{y}$  = Média da amostra. Quanto menor é o valor, melhor foi o modelo.

De acordo com Ribeiro (2010), o uso deste estatístico que se usará é de grande relevância quando se análise de regressão por que penaliza modelos com grande número de parâmetros escolhendo modelos mais apropriados.

A partir do modelo selecionado, para as duas espécies, foram calculadas as expressões do crescimento acumulado em diâmetro (CAC), incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA). Obtendo as seguintes expressões:

a) O crescimento acumulado em diâmetro está dado por:

$$cac_d = e^{a+b.i^{-c}}.\hat{\partial}$$

Em que:  $cac_d$ : Crescimento acumulado em diâmetro da árvore, **e**: Exponencial, **a**, **b**, **c**: Coeficientes do modelo, **i**: Idade da árvore e  $\hat{\partial}$ : Erro aleatório.

b) O incremento corrente anual em diâmetro está dado por:

$$ica_d = c.b.i^{-(c+1)}.e^{a+b.i^{-c}}.\hat{\partial}$$

Em que: **ica**: Incremento corrente anual da árvore, **e**: Exponencial, **a**, **b**, **c**: Coeficientes do modelo, **i**: Idade da árvore e  $\hat{\partial}$ : Erro aleatório.

c) O Incremento médio anual está dado por:

$$ima_d = \frac{e^{a+b.i^{-c}}.\hat{\partial}}{i}$$

Em que: **imaa**: Incremento médio anual em diâmetro da árvore, **e**: Exponencial, **a, b, c**: Coeficientes do modelo, **i**: Idade da árvore e  $\delta$ : Erro aleatório.

### 3.4 Determinação da idade técnica e mínima de corte: análise gráfica do padrão selecionado.

Além de todos os cálculos estatísticos para avaliar a funcionalidade do modelo, foi realizado uma análise gráfica, para analisar seu ajuste no comportamento do crescimento das árvores.

Com a curva que foi obtida para a amostra completa, obteve-se uma estimativa da idade técnica de corte e a idade mínima de corte tendo em conta dois diâmetros mínimos de corta; um deles fixado pela Legislação de Florestal e de Fauna Silvestre vigente, fixo por meio da Resolução Jefatural N° 458-2002-INRENA, e o outro fixou pelo consolidado MADERACRE no Plano Geral de Manejo Floresta.

Uma vez o padrão foi selecionado, procedeu-se a calcular Idade Técnica de Corta, foi usando duas equações matemáticas: a) Achando o primeiro derivado da função incremento meio anual em diâmetro “IMAD” e igualando a zero e despejando a idade e b) Igualando as funções incremento corrente anual em diâmetro “ICAD” com a função do incremento meio anual em diâmetro “IMAD” para logo despejar então a idade. Lobao (2011), Huamá (2011)

Para calcular a idade mínima de corte foi usada o modelo com baixos estadísticos (AIC, EER e CV) e considerou como variável independente o diâmetro mínimo de corte (DMC) estabelecido pela Legislação Florestal e de Fauna Silvestre – Peru vigente, para efeitos de comparação também foram considerados os DMC proposto pelo consolidado MADERACRE de acordo com o Plano Geral de Manejo Florestal. Os valores destes diâmetros foram considerados como variável resposta do modelo de crescimento para logo despejar a idade.

Para calcular a idade técnica de corte foi utilizado o método proposto por Campos J. e Leite H. (2006), consistindo em igualar a equação do incremento corrente anual com a equação do incremento médio anual, em seguida encontrou a idade. Previamente se calcularam as equações do incremento corrente anual e a função do incremento médio anual, foi utilizada a seguinte expressão:

$$itc = -c \sqrt{(1/-c.b)}$$

Em que: **itc**: Idade Técnica de Corte, **b,c**: Coeficientes do modelo.

### **3.5 Determinação do ciclo de corte.**

Uma vez estabelecido a curva de produção de acordo com o modelo selecionado para todas as amostras, foram identificadas as árvores para a futura colheita e foi projetado a quantidade de árvores por hectare que estarão sobre o diâmetro mínimo de corte de acordo a cada um dos ciclos de corte de 20 anos.

A identificação de árvores de futura colheita realizou-se: Com a expressão matemática do modelo selecionado e a curva produção em diâmetro do modelo teórico foi calculado o diâmetro mínimo a partir de qual as árvores podem alcançar o diâmetro mínimo de corte de acordo com cada ciclo de 20 anos.

O tamanho de árvores que estarão sobre o diâmetro mínimo de corte em cada um dos ciclos foi realizado do seguinte modo: Com a a identificação dos diâmetros mínimo a partir do qual uma árvore pode alcançar o diâmetro mínimo de corte no próximo ciclo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 MODELO DE CRESCIMENTO

Na Tabela 06, para descrever o crescimento das espécies *Amburana cearensis* e *Hymenaea oblongifolia*, se a selecionado um modelo de crescimento proposto por Schumacher, para isso se a testados cinco modelos de crescimento em diâmetro proposto por Schumacher y descrito por Chagas e Leite (2000), e foram selecionados aqueles que apresentam melhores estatísticos ou seja valores baixos de: Coeficiente de Akaike (AIC), Erro padrão residual (EER) e coeficiente de variação. O modelo selecionado foi o Modelo 02 para as duas espécies.

**Tabela 06.** Estimativas dos parâmetros, Desvio Padrões, Erro Padrão Residual e Coeficiente de Variação, dos modelos testados, para o incremento radial das árvores de:

#### *Amburana cearensis*

Estimativas (Desvio Padrão)						
Modelo	A	b	c	AIC	EER	CV
Modelo 1	4.00966(0.01512)	-63.10405(1.20259)	-----	6572.2515	3.988	22.35
<b>Modelo 2</b>	<b>5.45318(0.30855)</b>	<b>-12.41469(0.99800)</b>	<b>0.38738(0.04915)</b>	<b>6467.0988</b>	<b>3.811</b>	<b>21.35</b>
Modelo 3	9.8657268(0.2476544)	0.9745034(0.0001725)	-----	7905.2518	7.042	39.46
Modelo 4	7.3415042(0.1707186)	1.0128927(0.0002284)	-----	7269.9258	5.37	30.09
Modelo 5	0.37784(0.02443)	0.93963(0.01428)	-----	6534.5095	3.924	21.99

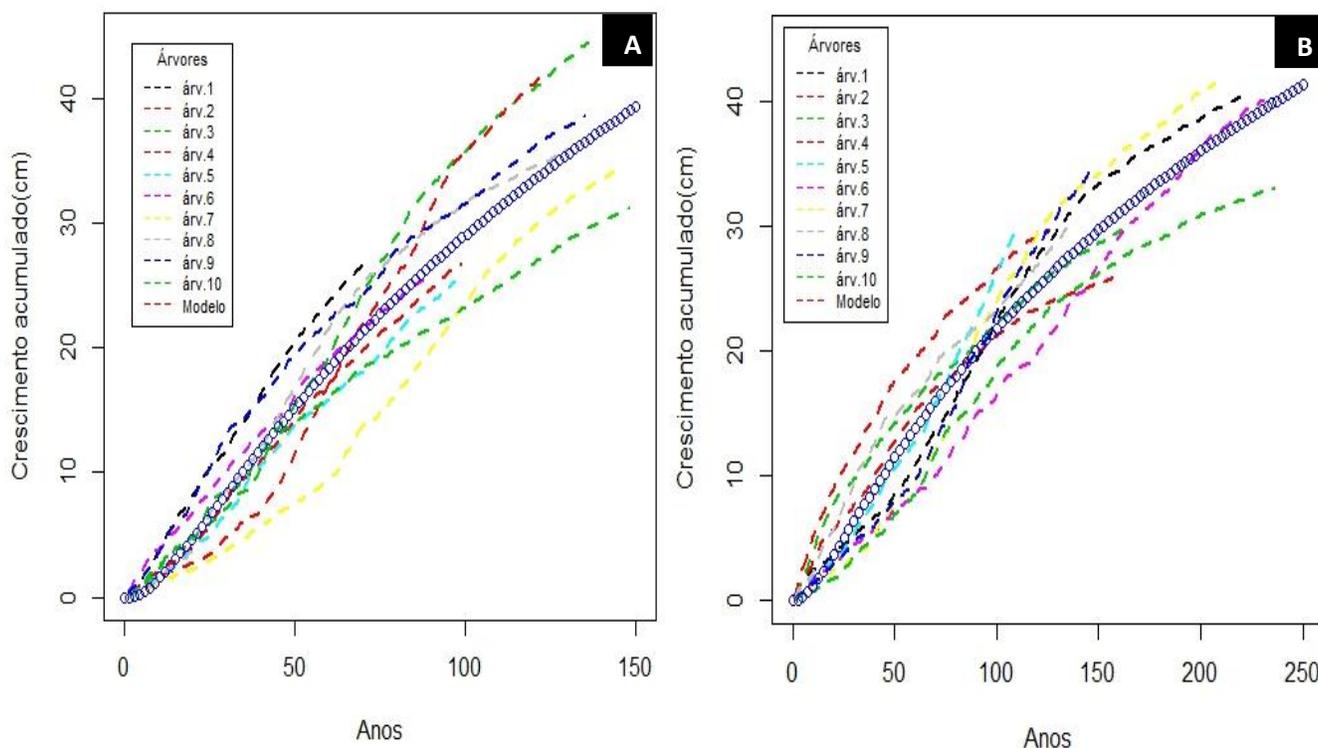
#### *Hymenaea oblongifolia*

Estimativas (Desvio Padrão)						
Modelo	A	b	c	AIC	EER	CV
Modelo 1	3.940190(0.009586)	-80.575436(1.093264)	-----	9299.1594	3.51	18.56
<b>Modelo 2</b>	<b>5.33764(0.18607)</b>	<b>-11.98722(0.65663)</b>	<b>0.36267(0.02973)</b>	<b>9019.9129</b>	<b>3.241</b>	<b>17.12</b>
Modelo 3	1.180e+01(2.012e-01)	9.841e-01(9.565e-05)	-----	11766.477	7.149	37.76
Modelo 4	8.8768211(0.1413643)	1.0073433(0.0001015)	-----	10687.039	5.239	27.67
Modelo 5	0.482450(0.020322)	0.818866(0.008553)	-----	9175.0846	3.391	17.91

O modelo selecionado para as duas espécies, de acordo com a classificação de Scolforo (1998), é de tipo empírico por que ainda não está validado com outros estudos, sim embargo a utilidade do modelo para descrever o crescimento das árvores amostrados não

deve entrar em controvérsia porque apesar de ter um erro médio de 3.811 e 3.2411cm, é consideravelmente aceitável, considerando o número de árvores e variabilidade de crescimento entre árvores.

A utilidade deste modelo empírico é que ele vai ajudar a explicar que aconteceu, está acontecendo ou pode acontecer no futuro. É um método com ênfase na qualidade de ajuste dos dados e as previsões Sanquetta, (1996). De acordo com Clutter, (1983), estes modelos são aplicados para a previsão da produção atual e futura. Neste caso, vamos discutir a produção presente e futura do diâmetro acumulado.



**Figura 22:** Curva de crescimento e o modelo obtido em base a Schumacher. Modelo 2 selecionado. (A) gráfico de *Amburana cearensis* e (B) gráfico de *Hymenaea oblongifolia*.

## 4.2 CICLO DE CORTE

Para determinar o ciclo de corte, desenvolveram a Idade mínima de corte e a idade técnica de corte:

**4.2.1 DETERMINAÇÃO DA IDADE MÍNIMA DE CORTE (IMC)**, considerando dois diâmetros mínimos de corte: 56 cm (lei) e 75 cm (consolidado MADERACRE) para

*Amburana cearensis* e 51 cm (Lei) e 75 cm (Consolidado MADERACRE) para *Hymenaea oblongifolia*.

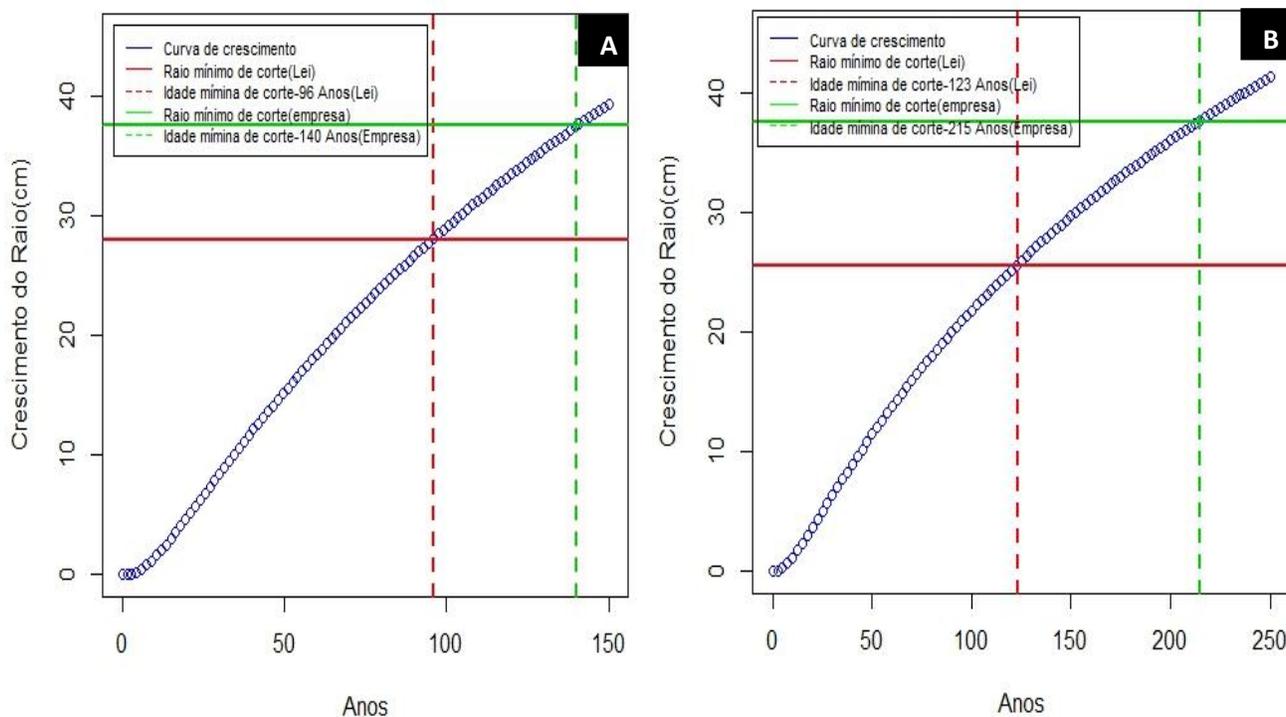
A idade mínima de corte se refere a idade em que uma árvore vem a ter o diâmetro mínimo de corte (DMC). Para fins de comparação, foi utilizado como referência dois diâmetros mínimos de corte: (a) O Diâmetro mínimo de corte estabelecido pela Lei Florestal e de Fauna Silvestre vigente, que é 56 e 51 centímetros e (b) O diâmetro mínimo de corte estabelecido pelo Consolidado MADERACRE no Plano de Manejo Florestal Geral, que é de 75 centímetros.

No caso (a) a árvore de *A. cearensis*, demora 96 anos para obter um diâmetro de 56 centímetros e para o caso (b) a árvore demora 140 anos para obter um diâmetro de 75 centímetros. Já no caso (a) a árvore de *H. oblongifolia*, demora 123 anos para obter um diâmetro de 51 centímetros e para o caso (b) a árvore demora 215 anos para obter um diâmetro de 75 centímetros (Figura 23).

Neste sentido, significa que as árvores de *A. cearensis*, que hoje atingiu o diâmetro mínimo de corte de 56 cm e 75 cm, germinou aproximadamente 96 anos e 140 anos, respectivamente. Para as árvores de *H. oblongifolia*, que hoje atingiu o diâmetro mínimo de corte de 51 cm e 75 cm, germinou aproximadamente 123 anos e 215 anos, respectivamente. De modo que durante o aproveitamento florestal serão derrubadas árvores que germinaram centenas de anos atrás, no entanto, a implementação de medidas adequadas destinadas a estimular o crescimento da regeneração permitirá a recuperação destas espécies para o próximo ciclo de corte.

O tempo que demora as árvores para obter o diâmetro mínimo de corte está de acordo com o temperamento, o comportamento intrínseco da espécie e sua capacidade de explorar os recursos disponíveis (nutrientes) e o sitio (Valerio J. e Salas C. 1998). Um estudo realizado por Brienen R e Zuidema P. (2003), na floresta da Bolívia, com o método de medição dos anéis de crescimento, encontraram para a espécie de *Cedrela odorata*, leva entre 80 até 140 anos aproximadamente para obter um diâmetro mínimo de corte de 60 centímetros, para a espécie de *Cedrelinga cateniformis*, leva 65 anos aproximadamente para obter um diâmetro mínimo de corte de 50 centímetros, ambas espécies heliofitas igual a *A. cearensis*, e assim também a espécie *Peltogyne heterophylla*, leva 135 anos aproximadamente para obter um DMC de 55 centímetros. Schipper A. (2011), em um estudo de dendrocronologia no Peru, na região de Madre de Dios, encontrou para *Cedrela odorata*, leva 126 anos aproximadamente para obter um DMC de 65 centímetros. Becerra V. et al (2014), na floresta de Cajamarca em Peru, encontraram que as espécies de *Retrophyllum rospigliosii* P, leva 109 anos aproximadamente para obter um diâmetro mínimo de corte de 41 centímetros, *Prumnopitys harmsiana* P, leva 121 anos aproximadamente para obter um diâmetro mínimo de corte de 41 centímetros e para a espécie *Cedrela odorata*, encontraram que leva 113 anos aproximadamente para obter um DMC de 65 centímetros. Huamán C. (2011), na floresta de

Madre de Dios em Peru, encontrou para a espécie de *Hymenaea coubaril* L., leva 82 anos aproximadamente para obter um diâmetro mínimo de corte de 51 centímetros.



**Figura 23:** Idade mínima de corte considerando o diâmetro mínimo de corte definido pela Legislação Florestal e de Fauna Silvestre do Peru (56 e 51 cm) e o diâmetro mínimo de corte estabelecido pelo Consolidado MADERACRE (75 cm). (A) gráfico de *Amburana cearensis* e (B) gráfico de *Hymenaea oblongifolia*.

#### 4.2.2 ESTIMAÇÃO DA IDADE TÉCNICA DE CORTE (ITC).

A idade técnica de corte para *A. cearensis*, na floresta do consolidado MADERACRE é de 58 anos e para *H. oblongifolia* é de 57 anos (Figura 24). Como se conhece a curva de ICA atinge seu ponto máximo antes da curva de IMA, e as duas curvas se cruzam no ponto de máximo IMA. Do ponto de vista da máxima produção biológica, esse ponto indica a idade de intervenção no povoamento. Se considerarmos a área transversal do tronco da árvore (largura dos anéis de crescimento), seria a idade técnica de corte (ITC) Campos J. e Leite H. (2006).

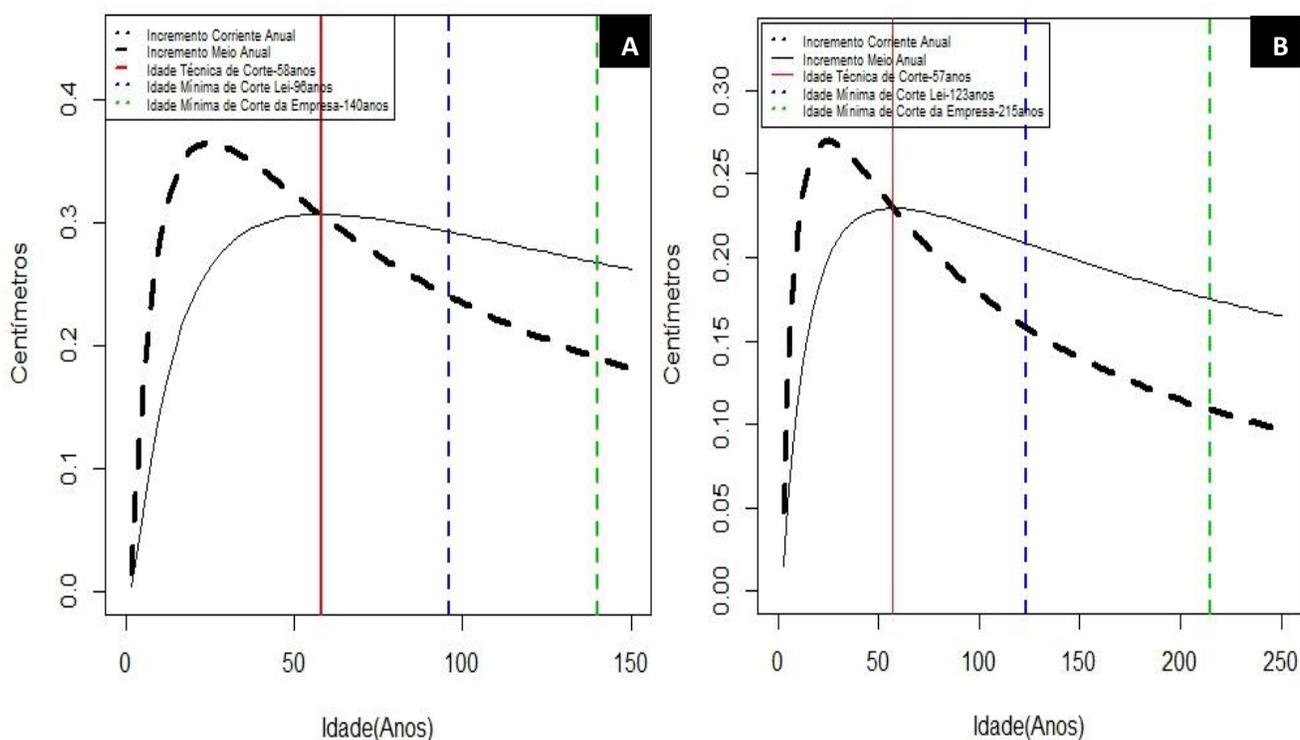
Analisando a curva de crescimento o diâmetro de *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, que correspondente a 58 e 57 anos respectivamente, corresponde a 36 e 26 cm respectivamente que é a partir desse ponto, a taxa média de crescimento começa a decrescer. O valor é muito

útil e importante no manejo florestal porque quando o IMA atinge o seu valor máximo se define nos sistemas de manejo como o melhor momento, do ponto de vista da silvicultura para poder intervir com o desbaste ou aproveitamento das árvores. Imaña J. e Encinas O. (2008).

Como vimos a idade técnica de corte está baseada na máxima produção biológica das árvores, se nós cortamos as árvores de *A. cearensis* a 58 anos e de *H. oblongifolia* a 57 anos, como nos mostram os resultados, mesmo a madeira não tem desenvolvido boas propriedades tecnológicas, uma vez que vários estudos de densitometria de raios x, nos mostraram que há uma correlação positiva entre a idade e densidade aparente, ou seja, quanto mais idade tem uma árvore a densidade também será maior. Lobão M. et al (2012), Rosero J. et al (2010) e Campos L. et al (2009).

Ao comparar a idade técnica e a idade mínima de corte das espécies *A. cearensis* e de *H. oblongifolia*, em função ao diâmetro mínimo de corte fixado pela Legislação Florestal e de Fauna Silvestre do Peru, pode se determinar que entre uma idade e outra há uma diferença de 38 anos para *A. cearensis* e de 66 anos para *H. oblongifolia*; isto significa que as árvores devem permanecer na floresta entre quatro a seis décadas respectivamente, possibilitando um incremento médio em diâmetro cada vez menor, compensando está perda de incremento em diâmetro com o aumento gradual da densidade da madeira com o passar dos anos e assim melhorar suas propriedades tecnológicas.

Por outro lado as árvores de *A. cearensis* e de *H. oblongifolia*, com idade de 58 e 57 anos respectivamente, sob a curva do modelo selecionado para descrever o crescimento é de 36 e 26 cm, cortar as árvores com este diâmetro não fosse rentável economicamente porque o desempenho na serração seria muito baixo e a qualidade da madeira serrada obtida seria de má qualidade, além disso seria alterado consideravelmente a estrutura da floresta, prejudicando significativamente o equilíbrio ecológico, das espécies e portanto do mesmo ecossistema.

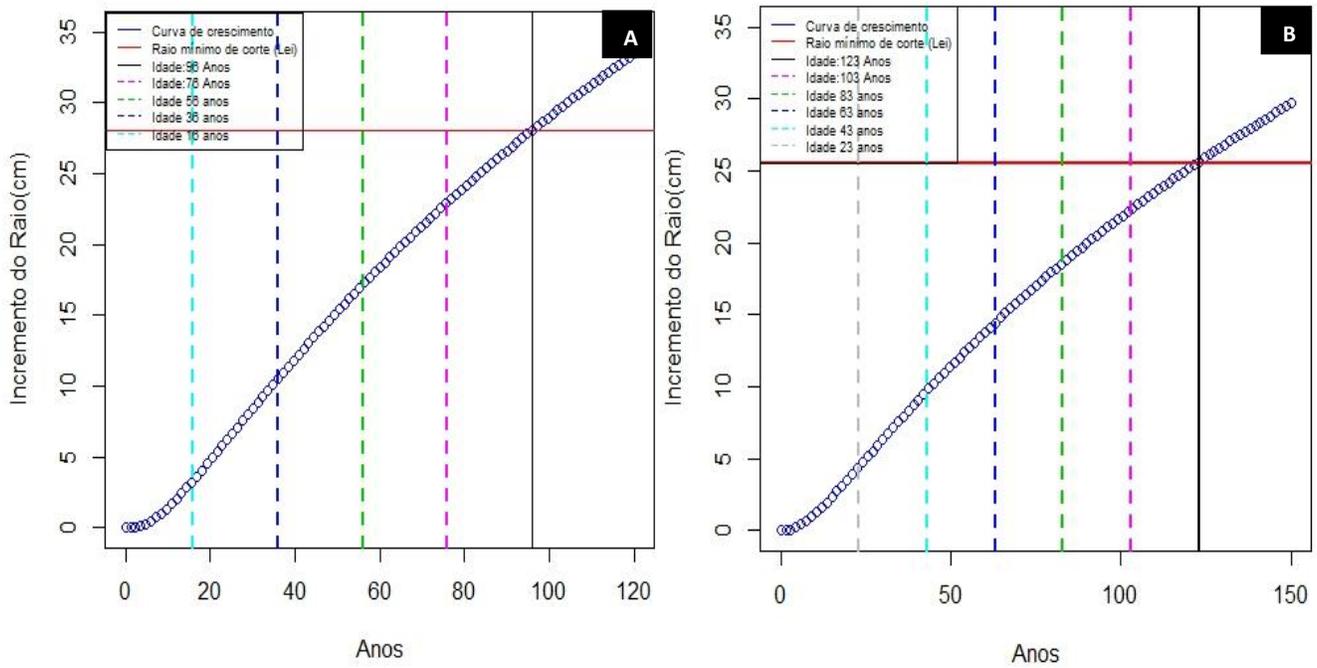


**Figura 24:** Determinação da idade técnica de corte para a área de amostragem do Consolidado MADERACRE. (A) gráfico de *Amburana cearensis* e (B) gráfico de *Hymenaea oblongifolia*.

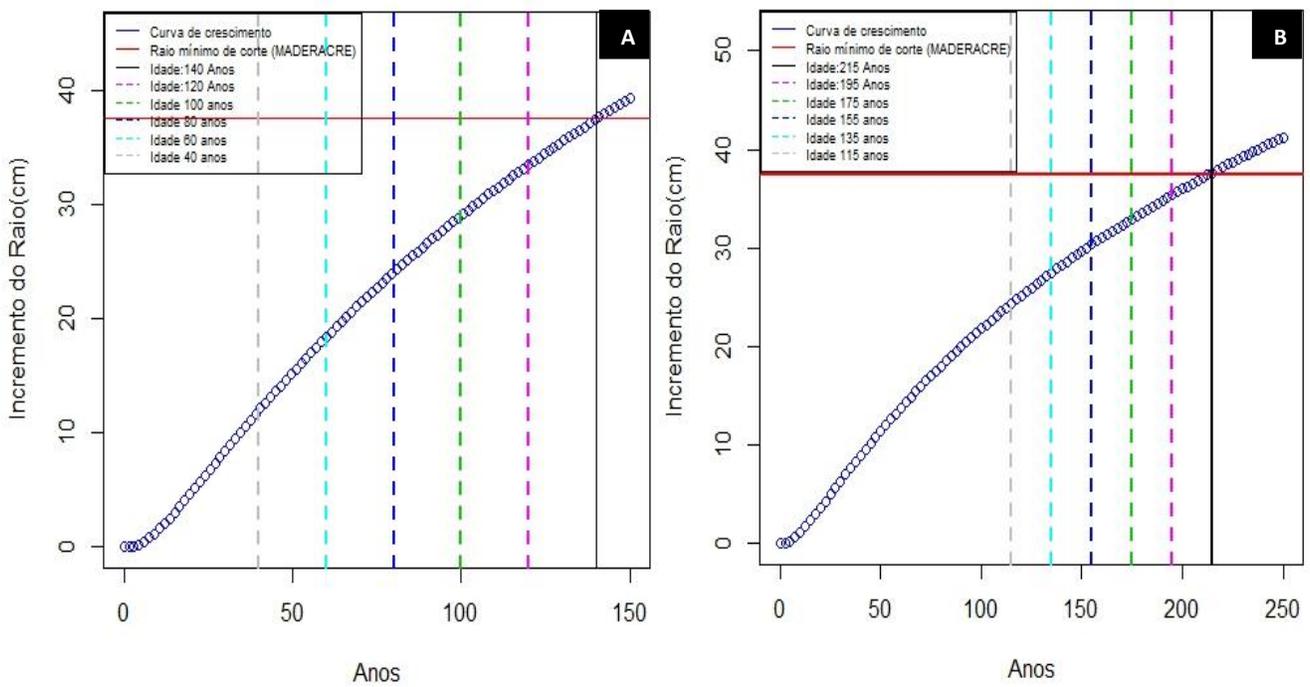
#### 4.2.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁRVORES DE FUTURA COLHEITA POR CICLO DE CORTE.

Para a identificação de árvores de colheita futura, foram considerados dois Diâmetros Mínimos de Cortes estabelecida pela Lei Florestal e Fauna Silvestre do Peru, para as espécies de *A. cearensis* e *H. oblongifolia* que é de 56 e 51 cm respectivamente, e outra estabelecida pelo Plano Geral de Manejo Florestal do Consolidado MADERACRE, que é de 75cm para as duas espécies. Esta estimativa foi feita sobre a base do modelo da curva de crescimento estabelecido, isto é o diâmetro em que deve ter uma árvore para alcançar o DMC de acordo com cada ciclo de corte (20,40,60,80 e 100 anos).

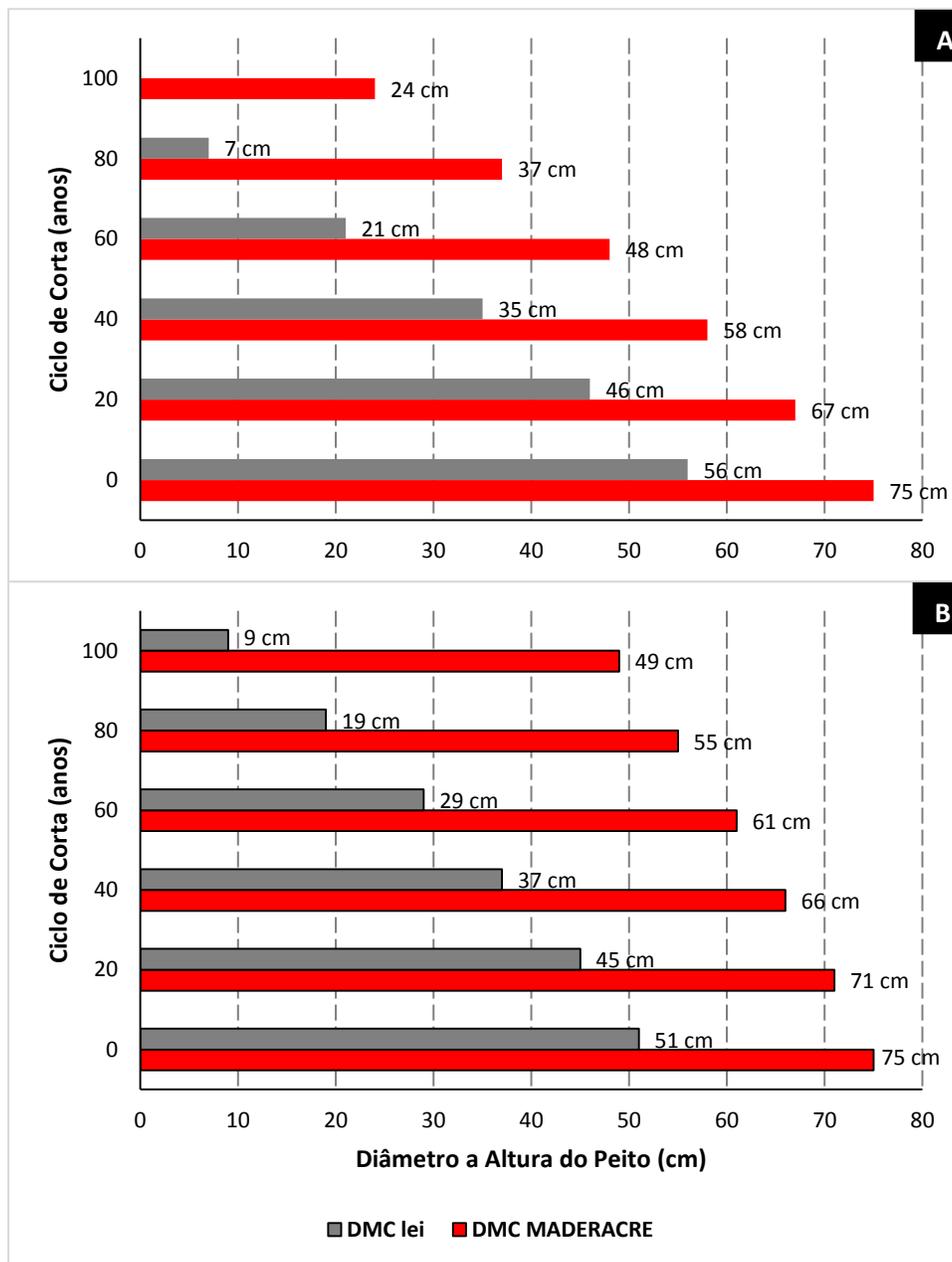
Considerando-se o diâmetro mínimo de corte de 56 e 51centímetros, estabelecida pela Lei Florestal e Fauna Silvestre do Peru para as duas espécies, pode-se observar que para uma árvore possa fazer parte da massa utilizável dentro de 20 anos, considerando-se a referencia com o ano 2017, elas devem apresentar diâmetros de 46 cm para *A. cearensis* e 45 cm hoje para *H. oblongifolia*. Considerando-se o diâmetro mínimo de corta de 75 centímetros para as duas espécies, estabelecido pelo Consolidado MADERACRE, as árvores devem apresentar diâmetros hoje 67 cm para *A. cearensis* e 71 cm de diâmetro para *H. oblongifolia*, para que possa fazer parte da massa remanescente em 20 anos. As árvores abatidas no primeiro ciclo de corte são aquelas que excedem o DMC. Sempre tendo em conta que os DMC é a altura do peito (1.30 metros).



**Figura 25:** Identificação dos diâmetros das árvores a partir do qual a árvores atingirá o DMC de 56 e 51 cm, estabelecida pela Lei do Peru. Cada uma das linhas ponteadas de orientação vertical é intervalo de 20 anos. **(A)** gráfico de *Amburana cearensis* e **(B)** gráfico de *Hymenaea*



**Figura 26:** Identificação dos diâmetros das árvores a partir do qual a árvores atingirá o DMC de 75 cm, estabelecida pelo Consolidado MADERACRE. **(A)** *A. cearensis* e **(B)** *H. oblongifolia*.



**Figura 27:** Ciclo de corte de 20 anos em função a Legislação Florestal e de Fauna Silvestre do Peru (56 e 51 cm) e o diâmetro mínimo de corte estabelecido pelo Consolidado MADERACRE (75 cm) e pala Legislação (56 e 51 cm). O primer ciclo empeza quando as árvores têm o DMC. (A) *A. cearensis* e (B) *H. oblongifolia*.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente capítulo, permitem concluir que:

1.- Os resultados iniciais para as espécies *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, demonstram o potencial dos anéis de crescimento na aplicação de técnicas de manejo florestal sustentado em árvores de *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, em populações naturais tropicais do Peru.

2.- Foi estabelecido a curva de crescimento das espécies *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, em base do modelo proposto por Schumacher.

3.- A idade técnica de corte das árvores de *A. cearensis* e *H. oblongifolia* é de 58 e 57 anos respectivamente.

4.- A idade mínima de corte das árvores de *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, considerando o diâmetro de corte estabelecido pela legislação Florestal e de Fauna Silvestre é de 96 e 123 anos respectivamente.

5.- A idade mínima de corte das árvores de *A. cearensis* e *H. oblongifolia*, considerando o diâmetro de corte estabelecido pelo Consolidado MADERACRE é de 140 e 215 anos respectivamente.

6.- A determinação da taxa de crescimento das espécies de *A. cearensis* e *H. oblongifolia* para a localidade foi possível pelas análises dos anéis de crescimento, sendo descrito o crescimento em um modelo com boa precisão.

7.- É necessário adequar as orientações de manejo florestal estabelecidos no Peru com base em incrementos reais de crescimento para as diferentes espécies florestais peruanas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECERRA, V. **Determinación del turno de corta de Cedrela odorata, Retrophyllum rospigliosii pilger y Prumnopitys harmsiana a través del estudio dendrocronológico en la región Cajamarca-Perú.** Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 115 p, 2011.

BRIENEN, R.; ZUIDEMA, P. **Anillos de crecimiento de árboles maderables en Bolivia: su potencial para el manejo de bosques y una guía metodológica.** PROMAB / IGEMA, Informe Técnico N° 7, Riberalta, BO.33 p, 2003.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas.** Viçosa: 2 Ed. UFV, 470 p, 2006.

CAMPOS, L. **Dendrocronología en árboles de tornillo Cedrelinga cateniformis, del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera en el noreste de la Amazonia, región Loreto-Perú.** Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 143 p, 2008.

CLUTTER, J.L. **Timber management: a quantitative approach.** New York: John Willey Sons, 333 p, 1983.

HUAMÁN, C. **Dendrocronología de árboles de azúcar huayo (*Hymenaea courbaril* L.) en la Región de Madre de Dios (provincia de Tahuamanu) - Perú.** (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria de la Molina, Lima. 123p, 2011.

IMAÑA, J.;ENCINAS,O. **Epidiometria Forestal.** Universidad de Brasilia , Departamento de Engenharia Florestal,Universidad de los Andes de Venezuela,Facultad de Ciencias forestales y del Ambiente. Brasilia, Brasil, Merida-Venezuela. 54p, 2008.

LOBÃO, M. S.; COSTA, D. P.; ALMONACID, M. A. A.; TOMAZELLO FILHO, M. **Qualidade do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Acre, Brasil.** Floresta e ambiente, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 374-384, 2012.

RIBEIRO, A. **Modelagem não Linear do crescimento e da produção de plantações florestais.** Tese do doutorado.Lavras, Minas Gerais,Brasil.96 p, 2010.

ROSETO J. *et al.* **Variación da densidade do lenho e relação com a largura dos anéis de crescimento de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta tropical amazônica do Peru.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 171-179, jun. 2010.

SANQUETTA, C.R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná/FUPEF – Série Didática N° 8. 59p, 1996.

SCHIPPER, A. **“Dendrocronología del cedro Cedrela odorata L. (Meliaceae) de la amazonia sur del Perú, la región Madre de Dios”**. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 166 p, 2011.

VALERIO J; SALAS C. **Selección de practicas silviculturales para bosques tropicales**. Manual técnico (Segunda edición corregida y aumentada). Santa Cruz, Bolivia.83 p, 1998.

**CAPÍTULO IV. Variabilidade radial física e anatômica do lenho de árvores de  
*Amburana cearensis***

## RESUMO

Existem poucos estudos de microdensitometria de raios x, com florestas tropicais nativas, ainda que na atualidade essas madeiras tenham muita demanda para exportação, caso das madeiras Peruanas. O presente trabalho teve como objetivo determinar a variação radial da densidade aparente do lenho de árvore de *Amburana cearensis*, por microdensitometria de raios X. Foram selecionadas 11 árvores, nas quais foram cortadas seções radiais do lenho na direção medula-casca, também determinar a densidade aparente e a anatomia da madeira em três posições radiais (medula, intermediário e casca). Os resultados indicaram que o lenho das árvores de *A. cearensis*, apresentou valores de densidade aparente do lenho média, mínima e máxima de 0,70; 0,29; 1,01 g/cm<sup>3</sup> e apresentaram diferença significativas nas três posições medula, intermediário e casca de 0.55; 0.16 e 0.87 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, esta diferença pode-se explicar pela anatomia microscópica, principalmente com os vasos (diâmetro, área e número/mm<sup>2</sup>). A microdensitometria de raios X, é uma ferramenta importante na avaliação radial do lenho e pode ajudar na delimitação dos limites dos anéis de crescimento de *A. cearensis*.

**Palavras – chave:** Perfil radial da madeira, microdensitometria de raios X, densidade aparente.

## ABSTRACT

There are few studies of x-ray microdensitometry, with native tropical forests, although at the moment these woods have a lot of demand for export, in the case of Peruvian woods. The objective of this work was to determine the radial variation of the apparent density of the tree wood of *Amburana cearensis* by X-ray microdensitometry. Eleven trees were selected, in which the radial sections of the wood were cut in the medulla-bark direction, as well as the density and the anatomy of wood in three radiated positions (medulla, intermediate and bark). The results indicated that the wood of the *A. cearensis* trees presented values of apparent density of the average, minimum and maximum wood of 0.70; 0.29; 1.01 g/cm<sup>3</sup> and presented significant differences in the three positions medulla, intermediate and bark of 0.55; 0.16 and 0.87 g/cm<sup>3</sup>, respectively, this difference can be explained by the microscopic anatomy, especially with vessels (diameter, area and number/mm<sup>2</sup>). X-ray microdensitometry is an important tool in the radial evaluation of the wood and may help in the delimitation of the limits of the growth rings of *A. cearensis*.

**Keywords:** Radial profile of wood, densitometry ray - X, density.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 15 anos no Peru a extração e exportação de madeiras duras tropicais (*Apuleia leiocarpa*, *Hymenaea oblongifolia*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis* e *Dipteryx odorata*) proveniente de Florestas naturais tropicais, tiveram um aproveitamento significativo. A demanda do mercado internacional crescente procura de uma melhor utilização das Florestas tropicais, e a valorização de produtos de madeira envolve o uso de madeira com boa qualidade.

A espécie *Amburana cearensis*, apresenta uma distribuição geográfica muito ampla em América do Sul, as árvores dessa espécie ocorrem na Amazônia do Ecuador, Peru, Bolívia, Brasil, Paraguai e Argentina (Leite, 2005). No Peru, as árvores são encontradas nas regiões de Loreto, San Martín, Huánuco, Ucayali, Amazonas, Junín e Madre de Dios (Brako e Zarucchi, 1993). Ocorrendo em solos residuais, argilosos, arenosos profundos e bem drenados.

Nas últimas décadas têm desenvolvido novas metodologias para analisar a madeira como microdensitometria de raios X é uma das mais avançadas técnicas para medir variações de densidade, dando resultados altamente precisos, permitindo a detecção de variações e intervalos 10 micrômetros (Tomazello *et al.*, 2008). Além de que a microdesitometria é ferramenta para analisar a qualidade da madeira e para demarcar os anéis de crescimento em árvores tropicais, para estudos de dendrocronologia (Tomazello Filho *et al.*, 2000).

A densidade e a anatomia do lenho das árvores estão intimamente relacionadas com as condições de crescimento de seu ambiente e também com seu genoma (Brasil e Ferreira, 1972) citado por Lobão (2011). Por outra parte o perfil de densidade aparente no lenho das árvores pode ajudar a demarcação e delimitação dos anéis de crescimento.

Pelo exposto, o presente trabalho tem como objetivo determinar a variação radial da densidade aparente do lenho de árvore de *Amburana cearensis*, por microdensitometria de raios X.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo Geral

Determinar a variação radial da densidade aparente do lenho de árvore de *Amburana cearensis*, por microdensitometria de raios X.

### 2.2 Objetivos Específicos

- I. Determinar os parâmetros de qualidade da madeira através de técnica de microdensitometria de raios X.
- II. Determinar a variação anatômica de *Amburana cearensis*, em três posições na direção radial.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Coleta do material

Foram selecionadas onze árvores de *Amburana cearensis*, do consolidado MADERACRE, na floresta tropical do sudeste do Peru. Extraídas uma secção transversal diametral da base do tronco.

### 3.2 Preparos das amostras do lenho

Para a determinação do perfil de densidade aparente do lenho por microdensitometria de raios X foram utilizadas as amostras do lenho de 2.0 mm de espessura cortadas no equipamento de dupla serra circular paralela. As seções transversais do lenho foram acondicionadas até atingirem 12% de umidade em uma sala de climatização.

### 3.3 Obtenções do Perfil Radial

As amostras do lenho foram encaixadas em suporte metálico e transferidas para um compartimento interno blindado do equipamento QTRS-01X da Quintek Measurement System, EUA; para a determinação do perfil radial de densidade do lenho, através de uma varredura radial contínua. O equipamento foi inicialmente calibrado, seguindo-se o escaneamento das amostras do lenho por um feixe colimado de raios X. Os valores de raios

X que atravessam a amostra do lenho foram transformados em densidade aparente através do software QMS. Os valores pontuais de densidade que compõem o perfil radial de densidade aparente do lenho foram observados na tela do monitor, simultaneamente à imagem da seção transversal da amostra do lenho *A. cearensis*. (Amaral; Tomazello F., 1997, 1998).

### **3.4 Montagens do perfil radial de densidade aparente do lenho**

Os valores radiais de densidade aparente do lenho que foram obtidos pelo QMS, originam um arquivo DAT (contém os valores pontuais de densidade aparente da amostra). O arquivo DAT foi lido pelo software Excel, permitindo construir os gráficos de variação radial de densidade aparente do lenho, bem como a determinação dos valores de densidade aparente na direção medula-casca. (Mothe *et al.* 1998).

### **3.5 Parâmetros de densidade aparente do lenho**

A partir dos perfis radiais de densidade aparente do lenho, as densidades aparentes média, máxima, mínima foram determinadas; também a densidade aparente em três posições (medula, intermediário e casca), assim como também o limite do anel de crescimento no lenho das árvores. Rosero (2010); Lobao (2012); Roque (2012).

### **3.6 Avaliação da estrutura anatômica do lenho**

Para a descrição da estrutura anatômica do lenho, foram demarcados e cortados corpos de prova de 1.5 x1.0 cm, orientados em três posições radiais das amostras de *A. cearensis*, posição perto a medula, posição intermediário (cerne) e posição perto a casca. Os corpos de prova do lenho foram imersos e aquecidos em solução de água glicerina na proporção de (4:1) e aquecido a temperatura de 120°C. Em seguida os blocos foram fixados no micrótomo de deslize para obtenção dos cortes, que após lavados, e desidratados em solução alcoólica a diferentes proporções, foram corados com safranina e montados em lâminas histológicas permanentes. Para o tecido macerado foi utilizado uma solução macerante de ácido acético e peróxido de hidrogênio, na proporção de 1:1, fechados e mantidos em estufa a uma temperatura constante de 80 °C por 24 horas. As amostras foram examinadas em microscópio de luz acoplada a uma câmera digital e foram coletadas as imagens para a descrição e mensuração da sua estrutura anatômica microscópica, nas três posições radiais (casca, intermediário e medula). (IAWA Committee, 1989; IBAMA, 1992).

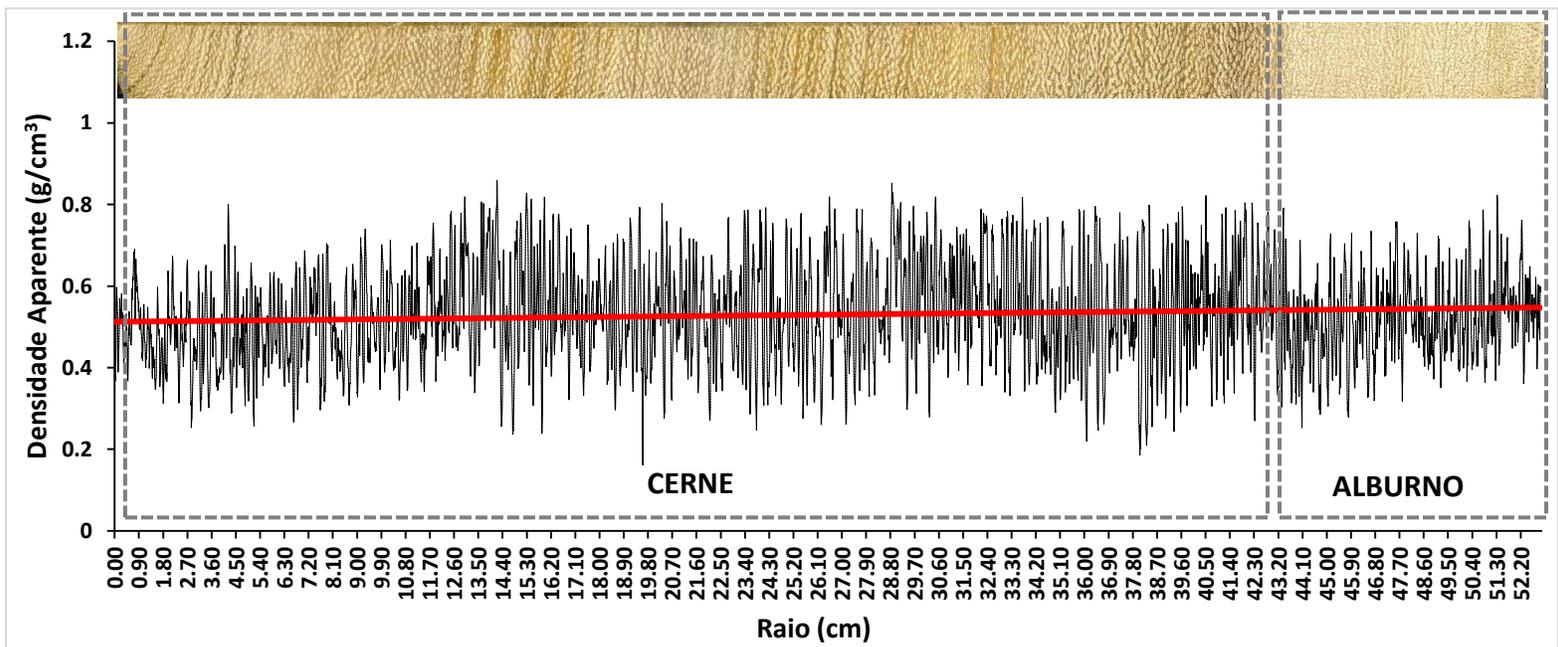
### **3.7 Análises estatísticas**

Os parâmetros anatômicos e a densidade aparente (média, máxima e mínima) do lenho de *A. cearensis*, nas três posições radiais (medula, intermediário e casca) do tonco das árvores foram utilizados na análise de variância e no teste de médias, aplicando o programa estatístico R (3.1.2).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis radiais de densidade aparente permitem obter informações sobre a qualidade do lenho das árvores de *Amburana cearensis*. Ocorre um aumento da densidade aparente de lenho no sentido radial, com uma redução dos seus valores na região próxima a casca. As árvores de *A. cearensis* mais longevas apresentam maiores valores de densidade aparente do lenho, pela maior porcentagem de madeira adulta e pela deposição de extrativos nos tecidos do cerne como gomas e resinas. Da mesma forma, no alburno, corresponde a região funcional do xilema, em comparação ao cerne periférico, ocorre uma redução da densidade aparente do lenho (Figura 28). Esse modelo de variação foi verificado em duas populações de *Swietenia macrophylla* da floresta tropical amazônica do Peru. (Rosero J. *et al*, 2010) e também em árvores de *Eucalyptus* sp. e de *Corymbia citriodora*, onde o aumento da densidade da madeira é devido ao desenvolvimento de tiloses nos vasos e a substâncias do cerne (taninos, óleos, etc.) nas células do parênquima radial. Enquanto a densidade inferior de alburno é o resultado de vasos abertos e do xilema funcionais sem extrativos. (Tomazello F. *et al*, 2008).

Os valores de densidade aparente das 11 árvores de *A. cearensis* em 12% de umidade teve uma média, mínima e máxima do lenho de 0.55, 0.87 e 0.16 g/cm<sup>3</sup> respectivamente (Tabela 07).



**Figura 28:** Perfil de densidade aparente no lenho das árvores de *A. cearensis*. Tendência de crescimento e diferenciação do cerne e alburno no perfil.

A anatomia microscópica das árvores de *A. cearensis*, em função as fibras, nas três posições radiais do lenho (medula, intermediário e casca), foram verificadas diferenças significativas, no comprimento das fibras, aumentando estatisticamente ( $p < 0.05$ ), o comprimento das fibras na medula de (1169.26  $\mu\text{m}$ ) e na casca de (1401.18  $\mu\text{m}$ ), houve um aumento de 17%. Campos L. 2009 encontrou para árvores de *Cedrelinga cateniformis*, numa plantação no Peru a mesma variação, já Lobão M., *et al.*, 2012 encontrou para árvores de *Schizolobium parahyba*, tanto numa Reserva Experimental como num Parque Zoobotânico no Acre a mesma variação.

Em quanto a espessura da parede das fibras, não existe diferença significativa entre a posição radiais do lenho da medula e intermediário, mais em comparação com a casca tem diferença significativa.

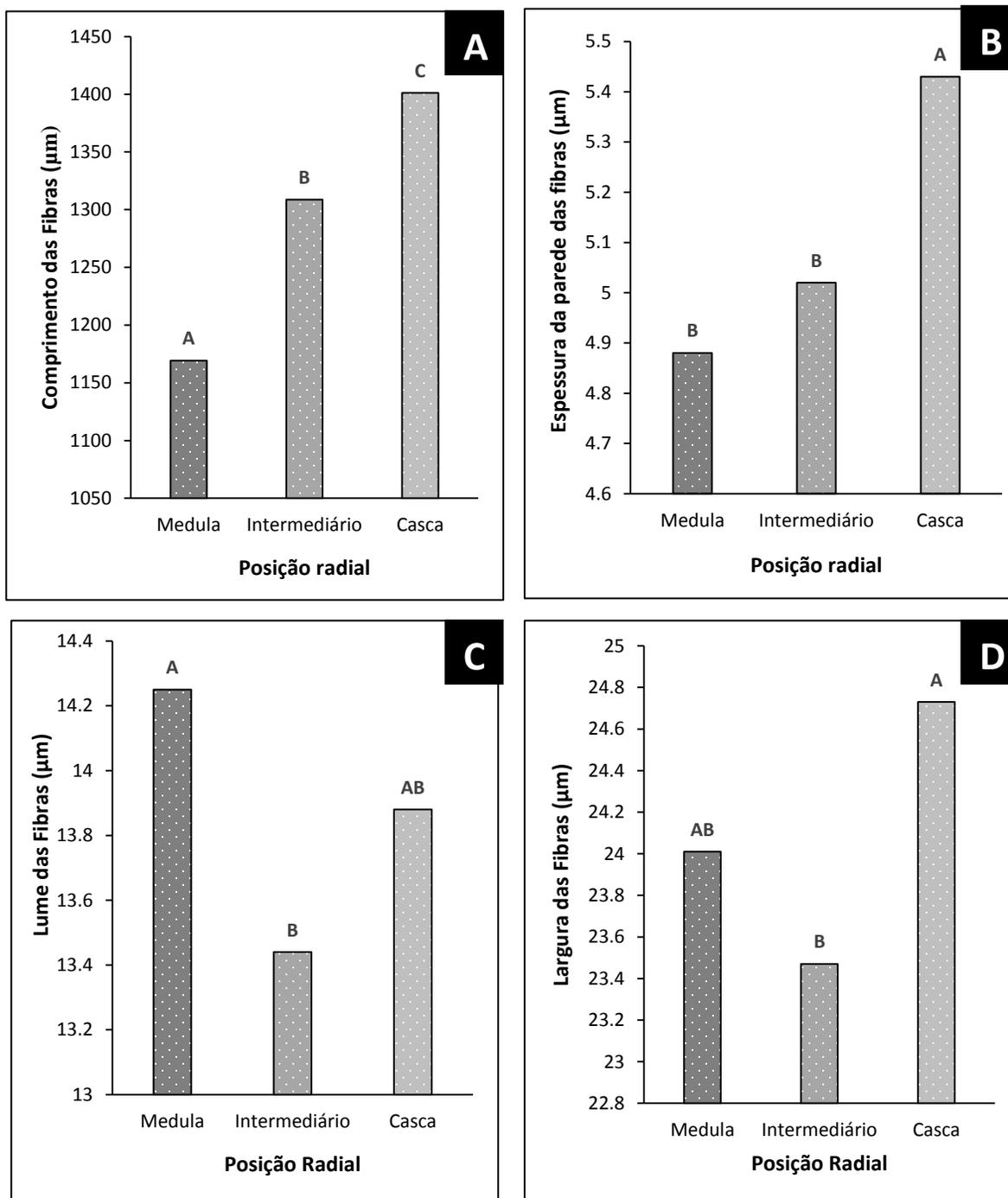
Em relação ao lume e largura das fibras, não existe diferença significativa entre a posição radiais do lenho da medula e a casca, mais em comparação com posição intermediária tem diferença significativa. Lobão M. 2011, encontrou mesma variação para *Cedrela* sp., no estado de Acre.

O comprimento das fibras, foi a característica anatômica do lenho que mais contribui na diferenciação das árvores de *A. cearensis*, nas três posições radiais.

**Tabela 07:** Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas das fibras nas três posições radiais do lenho de *A. cearensis*.

Variável dependente (Posição radial)	Largura ( $\mu\text{m}$ )	Lume ( $\mu\text{m}$ )	Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )	Comprimento ( $\mu\text{m}$ )
Medula	24.01 $\pm$ 3,34 <sup>A B</sup>	14.25 $\pm$ 3.55 <sup>A</sup>	4.88 $\pm$ 0.86 <sup>B</sup>	1169.26 $\pm$ 189.89 <sup>A</sup>
Intermediário	23.47 $\pm$ 3,89 <sup>B</sup>	13.44 $\pm$ 3.16 <sup>B</sup>	5.02 $\pm$ 0.89 <sup>B</sup>	1308.74 $\pm$ 180.66 <sup>B</sup>
Casca	24.73 $\pm$ 4.19 <sup>A</sup>	13.88 $\pm$ 3.42 <sup>AB</sup>	5.43 $\pm$ 1.02 <sup>A</sup>	1401.18 $\pm$ 175.53 <sup>C</sup>
<b>Média</b>	<b>24.07<math>\pm</math>3.84</b>	<b>13.86<math>\pm</math>3.39</b>	<b>5.11<math>\pm</math>0.96</b>	<b>1293.06<math>\pm</math>205.38</b>

\*Parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente ( $p < 0.05$ ).



**Figura 29:** Comparação anatômica das fibras do lenho de árvores de *A. cearensis*, nas três posições radiais. **(A)** Comprimento das fibras, **(B)** Espessura da parede das fibras, **(C)**. Lumen das fibras e **(D)**. Largura das fibras.

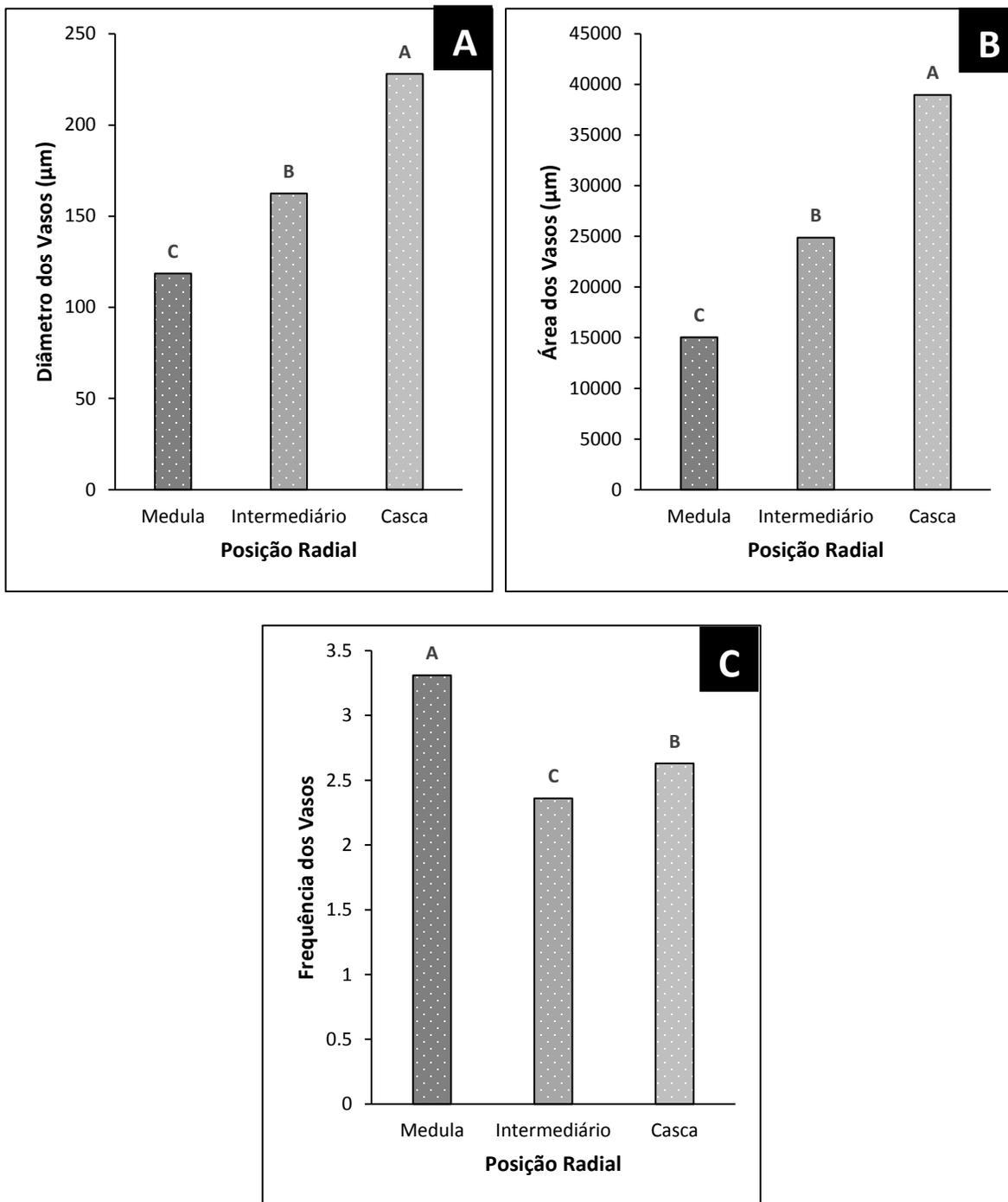
A anatomia microscópica das árvores de *A. cearensis*, em função dos vasos nas três posições radiais do lenho (medula, intermediário e casca), foram verificadas diferenças significativas, no diâmetro e área dos vasos, aumentando estatisticamente ( $p < 0.05$ ), diâmetro dos vasos na medula de ( $118.55 \mu\text{m}$ ) e na casca de ( $228.05 \mu\text{m}$ ), houve um aumento de 48% e para a área de vasos medula de ( $15042.33 \mu\text{m}^2$ ) e na casca de ( $38973.07 \mu\text{m}^2$ ), houve um aumento de 39%. Campos L. 2009 encontrou para árvores de *Cedrelinga cateniformis*, numa floresta nativa no Peru a mesma variação na área dos vasos. Lobão M., *et al.*, 2012 encontrou para árvores de *Schizolobium parahyba*, tanto numa Reserva Experimental como num Parque Zoobotânico no Acre a mesma variação no diâmetro dos vasos. Algumas referências bibliográficas indicam que área de vasos é menor no lenho próximo à região da medula, aumentando no sentido radial e se estabilizando próximo à casca, das árvores adultas (Carvalho, 1962; Hundson *et al.*, 1997, 1998; Foekel, 2007). Citado por Boschiero A. 2013.

Já na frequência dos vasos, foram verificadas diferenças significativas, apresentando maior frequência dos vasos na medula, tendo uma queda no intermediário e um aumento na casca, mais não superando a medula.

**Tabela 08:** Valores médios e desvio padrão da ANOVA e Teste de Tukey para as características anatômicas dos vasos nas três posições radiais do lenho de *A. cearensis*.

<b>Variável dependente (Posição radial)</b>	<b>Frequência dos vasos</b>	<b>Área de vasos (<math>\mu\text{m}^2</math>)</b>	<b>Diâmetro dos vasos (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Medula	$3.31 \pm 1.48^A$	$15042.33 \pm 7044.30^C$	$118.55 \pm 20.65^C$
Intermediário	$2.36 \pm 1.11^C$	$24880.59 \pm 7199.14^B$	$162.44 \pm 25.25^B$
Casca	$2.63 \pm 1.22^B$	$38973.07 \pm 12172.45^A$	$228.05 \pm 33.80^A$
<b>Média</b>	<b><math>2.77 \pm 1.34</math></b>	<b><math>26298.66 \pm 13400.18</math></b>	<b><math>169.68 \pm 52.54</math></b>

\*Parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente ( $p < 0.05$ ).



**Figura 30:** Comparação dos vasos do lenho de árvores de *A. cearensis*, nas três posições radiais. **(A)** Diâmetro dos vasos, **(B)** Área dos vasos, **(C)** Frequência dos vasos.

**Tabela 09:** Densidade aparente média, máxima e mínima do lenho de árvores de *A. cearensis*.

Amostras (árvores)	Densidade A. Média (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade A. Máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade A. Mínima (g/cm <sup>3</sup> )	Desvio Padrão
<b>2525</b>	0.53	0.94	0.13	0.12
<b>10715</b>	0.53	0.89	0.14	0.12
<b>10924</b>	0.65	1.03	0.15	0.14
<b>11583</b>	0.53	0.86	0.16	0.12
<b>11662</b>	0.61	1.04	0.15	0.15
<b>11779</b>	0.53	0.87	0.13	0.10
<b>11779-P</b>	0.50	0.80	0.19	0.09
<b>11986</b>	0.53	0.76	0.16	0.08
<b>12033</b>	0.53	0.87	0.16	0.11
<b>12401</b>	0.53	0.80	0.14	0.08
<b>20511</b>	0.53	0.75	0.21	0.09
<b>Média</b>	<b>0.55</b>	<b>0.87</b>	<b>0.16</b>	<b>0.11</b>

Os perfis densitométricos radiais do lenho das árvores de *A. cearensis*, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0.05$ ), indicam menor densidade aparente do lenho na posição radial da medula ( $0.36 \text{ g/cm}^3$ ), aumentando na posição radial intermediário ( $0.59 \text{ g/cm}^3$ ) e tendo uma pequena queda na posição radial da casca ( $0.52 \text{ g/cm}^3$ ).

Os resultados mostrados do perfil radial das árvores de *A. cearensis*, pode-se explicar com a anatomia microscópica, principalmente com os vasos. Um menor diâmetro e área com uma maior frequência dos vasos na posição da medula, faz que sua densidade aparente seja menor em relação as outras duas posições. Um diâmetro e área meia com menor frequência dos vasos na posição intermediário, faz que sua densidade aparente seja alta em relação as outras duas posições e por último um maior diâmetro e área com uma frequência de vasos maior à posição intermediária faz que a densidade aparente seja menor em relação a posição intermediária. Agora conhecemos também que na posição próximo a medula se encontra maior tecido parenquimático, baixando sua densidade, já na posição intermediário onde tem o cerne que é xilema não funcional, com menor permeabilidade, composta entre outras coisas por substâncias extrativas 17.91% e lignina 27.37% (Mori F. *et al*, 2003), que faz ter

densidade aparente maior que as outras posições radiais (medula, casca) e por último na posição próximo a casca a densidade aparente é inferior a posição intermediário e maior a posição da medula, por ser alburno, xilema funcionais, com vasos abertos para a condução da água e sais minerais.

A densidade do lenho, da mesma forma, apresenta variação no sentido radial do tronco das árvores com Panshin e De Zeeuw (1980) relatando (i) aumento no sentido medula-casca; (ii) maior valor na região interna, decresce até determinada porcentagem dos raios, aumenta até o limite do lenho, ou ainda, diminuindo; (iii) maior valor na região interna, decrescendo até o limite do lenho. Citado por Roque B. *et al.*, 2012.

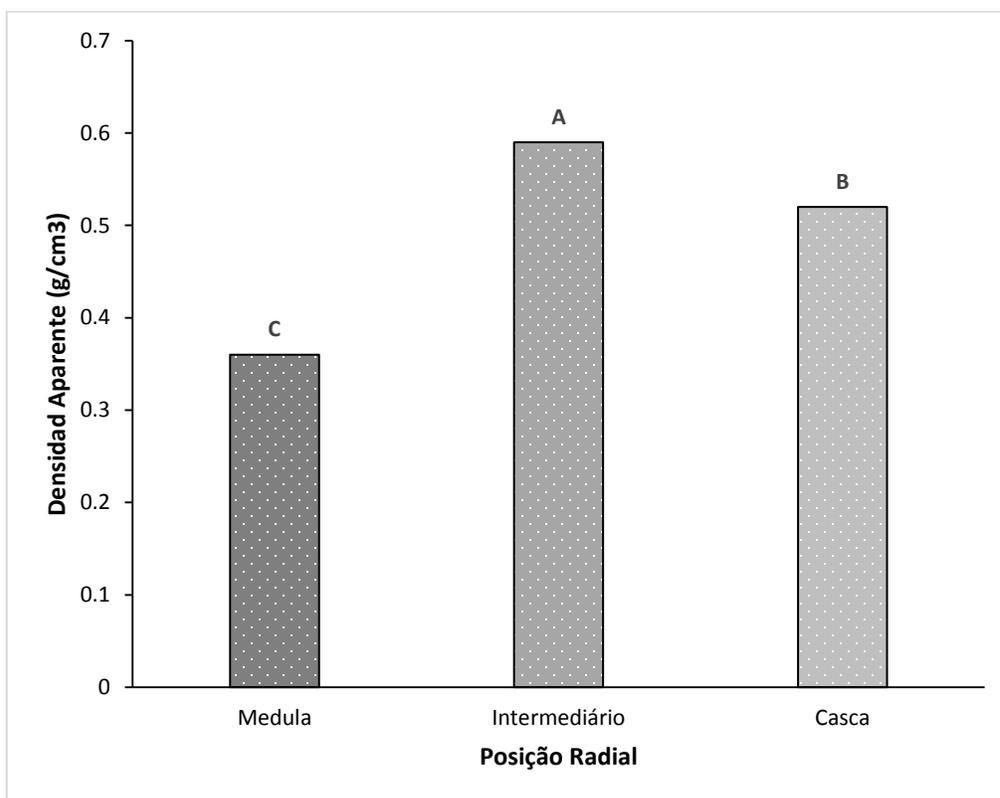
**Tabela 10:** Densidade aparente média do lenho em três posições radiais do lenho de árvores de *A. cearensis*.

Amostras (árvores)	Densidade Aparente Média do Lenho (g/cm <sup>3</sup> )			
	Posição Radial			Média
	Medula	Intermediário	Casca	
<b>2525</b>	0.18	0.46	0.41	0.35
<b>10715</b>	0.30	0.54	0.41	0.42
<b>10924</b>	0.27	0.70	0.63	0.54
<b>11583</b>	0.47	0.68	0.53	0.56
<b>11662</b>	0.46	0.72	0.66	0.61
<b>11779</b>	0.25	0.59	0.54	0.46
<b>11779-P</b>	0.36	0.54	0.50	0.47
<b>11986</b>	0.38	0.58	0.54	0.50
<b>12033</b>	0.44	0.55	0.51	0.50
<b>12401</b>	0.31	0.51	0.47	0.43
<b>20511</b>	0.50	0.60	0.54	0.55
<b>Média</b>	<b>0.36<sup>C</sup></b>	<b>0.59<sup>A</sup></b>	<b>0.52<sup>B</sup></b>	<b>0.49</b>

\*Parâmetros com letras diferentes diferem estatisticamente (p<0.05).

Os perfis densitométricos radiais do lenho das árvores de *A. cearensis*, foram verificadas diferenças significativas (p<0.05), indicam menor densidade aparente do lenho na

posição radial da medula ( $0.36 \text{ g/cm}^3$ ), aumentando na posição radial intermediário ( $0.59 \text{ g/cm}^3$ ) e tendo uma pequena queda na posição radial da casca ( $0.52 \text{ g/cm}^3$ ).



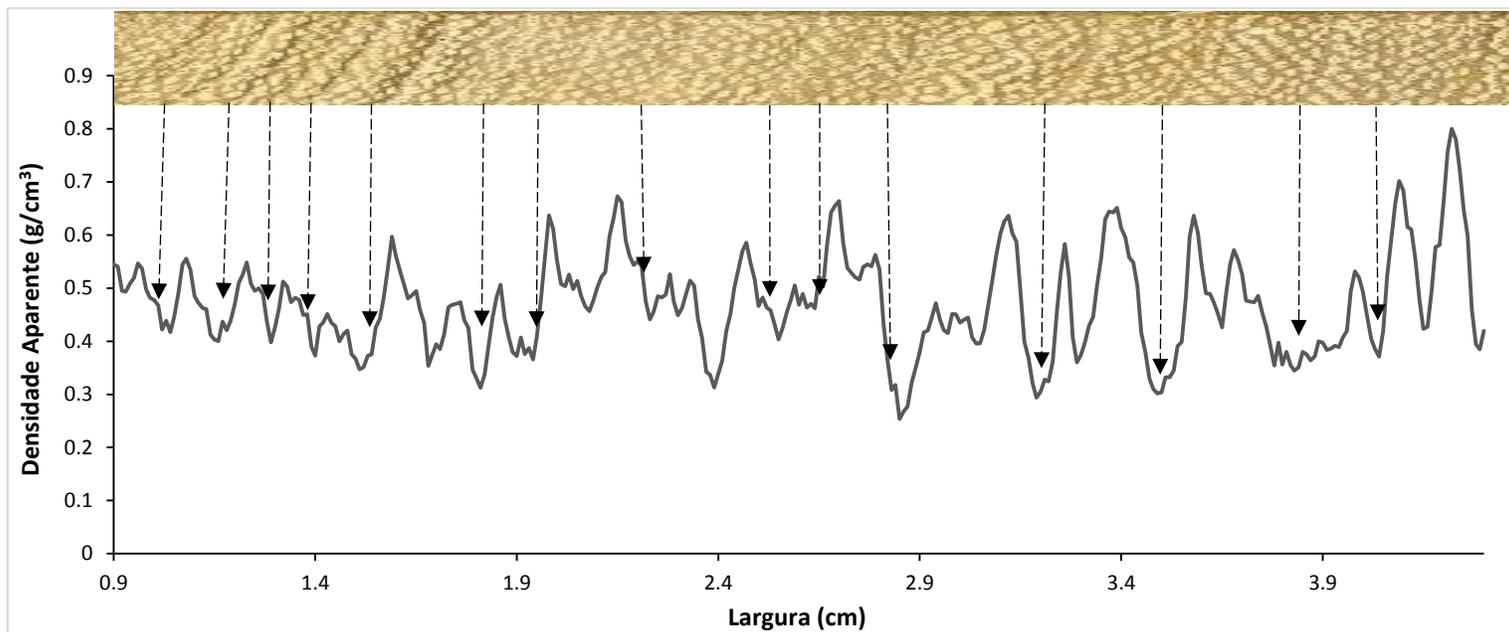
**Figura 31:** Densidade aparente média nas três posições radiais do lenho de árvores de *A. cearensis*.

#### 4. 1 Demarcação e avaliação da largura dos anéis de crescimento

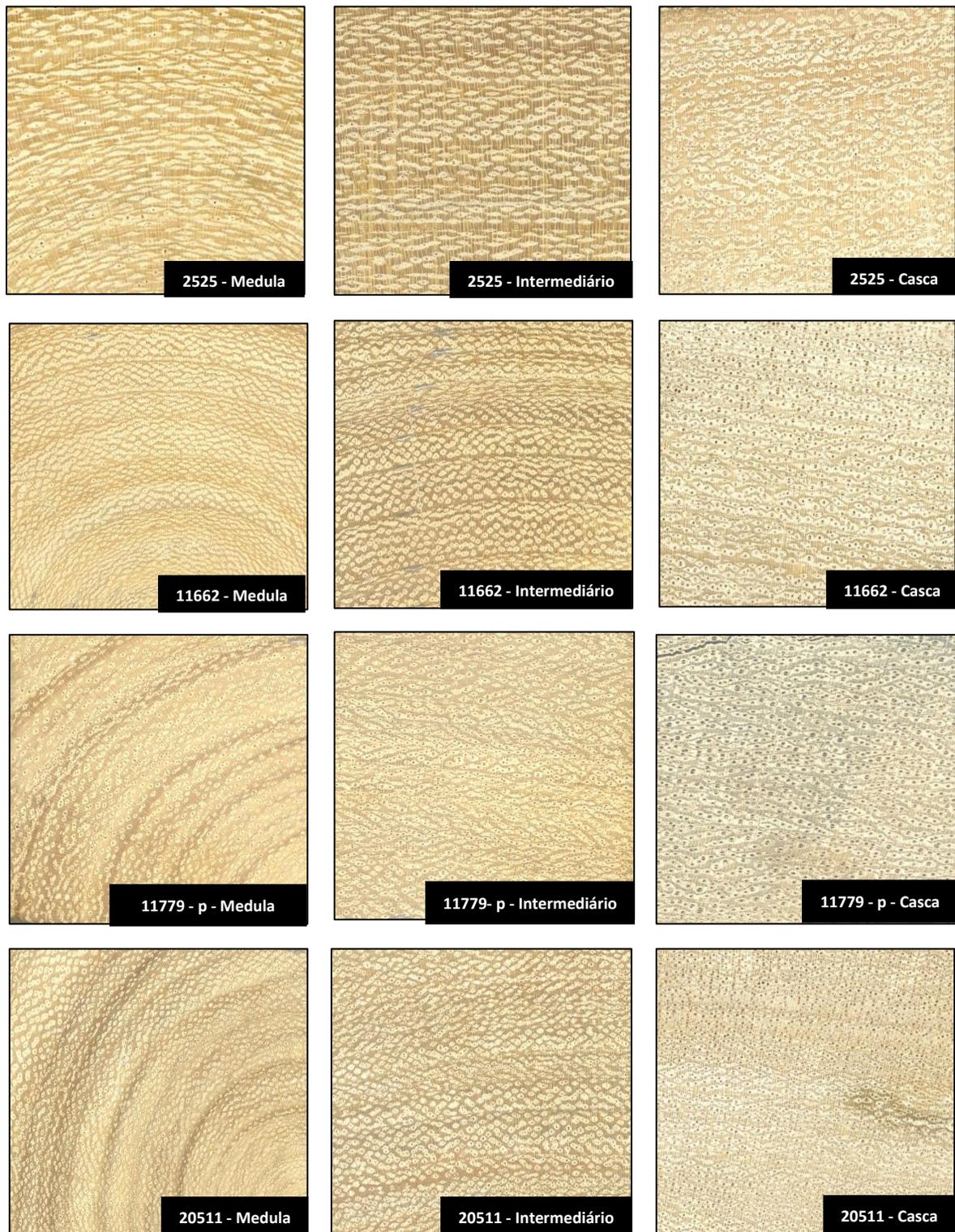
O perfil radial da densidade aparente do lenho das árvores de *A. cearensis* é característico e mostra uma redução dos valores de densidade de coincidente com a demarcação dos limites dos anéis de crescimento. A demarcação dos anéis de crescimento no lenho das árvores de *A. cearensis* a través do perfil radial de densidade aparente, pode apresentar um maior grau de precisão quando comparada com a imagem da respectiva seção transversal polida, pela visualização e correspondência dos anéis de crescimento. Essa metodologia.

Os valores de maior densidade aparente do lenho de *A. cearensis*, são apresentados nas faixas de zona fibrosa mais escura compostas por fibras com parede celular espessa e pequeno lume; vasos de menor diâmetro e frequência e os valores de menor densidade aparente do lenho por zonas mais clara compostas por fibras com parede celular delgada,

vasos de maior diâmetro e frequência. De acordo com Tomazello Filho *et al.* (2001), é resultado da sazonalidade da atividade cambial e das condições climáticas, isto traz reflexo na anatomia e qualidade do lenho. Roque B. *et al.*, 2012.



**Figura 32:** Demarcação do limite da camada de crescimento em árvores de *A. cearensis*, identificação dos anéis de crescimento no perfil de microdensitométrico.



**Figura 33:** Estrutura anatômica macroscópica da seção transversal do lenho nas três posições radiais (medula, intermediário e casca) do lenho das árvores de *A. cearensis*.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitiram concluir que:

1. - A densidade aparente e a anatomia das árvores de *A. cearensis*, apresentou variação radial na direção medula-casca.
2. - Os perfis radiais indicam o aumento da densidade aparente do lenho do tronco nas posições medula intermediário e uma pequena queda na posição próximo da casca, das árvores de *A. cearensis*.
3. - A variação da densidade aparente do lenho das posições medula, intermediário e casca do tronco foi significativa.
4. - A microdensitometria de raios X proporcionou uma mensuração acurada das variações da densidade aparente do lenho de *A. cearensis*, indicativas da sua estrutura anatômica e demarcando os limites dos anéis pelas zonas fibrosas.
5. - Os perfis de densidade aparente podem ser explicados heterogeneidade das madeiras.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.; TOMAZELLO, M. **Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* através de microdensitometria de raios X.** Revista Ciência e Tecnologia, 11/12 (6): 17-23 p, 1998.

AMARAL, A.; TOMAZELLO FILHO, M. **Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda*, através da microdensitometria de raios X.** In: MEETING ON NUCLEAR APPLICATIONS, 4, Poços de Calda. Programas e resumos. São Paulo: SBF. 202 p, 1997.

BRAKO, L. & ZARUCCHI, J.L. **Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru/Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú.** Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 45: 1-1286, 1993.

LEITE, E. J. **State-of-knowledge on *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A. C. Smith (Leguminosae: Papilionoideae) for Genetic Conservation in Brazil.** Journal Nature Conservation 13:49-65, 2005.

LOBÃO, M. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. E *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. Ex Ducke, no estado do Acre, Brasil.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade de São Paulo, Brasil, 216p, 2011.

LOBÃO, M. S.; COSTA, D. P.; ALMONACID, M. A. A.; TOMAZELLO FILHO, M. **Qualidade do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Acre, Brasil.** Floresta e ambiente, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 374-384, 2012.

MOTHE, F.; DUCHANOIS, G.; ZANNIER, B.; LEBAN, J.M. **Microdensitometric analysis of wood samples: Data computation method used at Inra-ERQB (Cerd Program).** Annales des Sciences Forestières, Versailles, v. 55, n. 3. 301-313 p, 1998.

CONSOLIDADO MADERACRE. Plano Geral De Manejo Florestal, 28p, 2014.

ROSETO J.; TOMAZELLO FILHO, M.; ZEVALLOS P. A.; LOBÃO, M. S. **Variação da densidade do lenho e relação com a largura dos anéis de crescimento de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta tropical amazônica do Peru.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 171-179, 2010.

ROQUE, B.; LATORRACA, J. V.; TOMAZELLO FILHO, M.; PALERMO, G.; CARVALHO, A.; PASTRO, M. **Microdensitometria de Raios X Aplicada na Determinação da Variação da Densidade do Lenho de Árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 103-112, 2012.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, S.C. **Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais.** In: ROIG, F.A. Dendrocronologia en América Latina. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2000. p.381 – 431.

TOMAZELLO FILHO, M.; Brazolin, S.; Chagas, M.; Oliveira, T.S.; Ballarin, A.; Benjamin, C. **Application of X-Ray Technique in Nondestructive Evaluation of Eucalypt Wood.** *Maderas Ciencia y Tecnología*. Vol. 10. Nº 2, p. 139 – 150, 2008.

MORI, F. A. et al. **Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar.** *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 23, n. 3, set./dez. 2003.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C.S. **Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia.** In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELA, W. (Eds.). *Indicadores ambientais: conceitos e aplicações.* São Paulo: EDUC, 117-143p, 2001.